



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

ÍTALO GUEDES DOS SANTOS

**VERIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE REGRAS EM PROJETOS DE
ARQUITETURA DE TERMINAIS DE PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS
COM BASE EM BIM**

Recife

2022

ÍTALO GUEDES DOS SANTOS

**VERIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE REGRAS EM PROJETOS DE
ARQUITETURA DE TERMINAIS DE PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS
COM BASE EM BIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Urbano. Área de concentração: Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Lillian Lima de Siqueira Melo – CRB-4/1425

S237v Santos, Ítalo Guedes dos
Verificação automatizada de regras em projetos de arquitetura de terminais de passageiros aeroportuários com base em BIM / Ítalo Guedes dos Santos. – Recife, 2022.
273f.: il., tab.

Sob orientação de Max Lira Veras Xavier de Andrade.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Arquitetura e urbanismo. 2. Aeroporto. 3. Modelagem da Informação da Construção - BIM. 4. Verificação de regras. 5. Verificação de códigos. I. Andrade, Max Lira Veras Xavier de (Orientação). II. Título.

400 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2022-200)

ÍTALO GUEDES DOS SANTOS

**VERIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE REGRAS EM PROJETOS DE
ARQUITETURA DE TERMINAIS DE PASSAGEIROS AEROPORTUÁRIOS
COM BASE EM BIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Urbano. Área de concentração: Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em: 28/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Letícia Teixeira Mendes (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Regina Coeli Ruschel (Examinador Externo)
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof. Dr. Sergio Scheer (Examinador Externo)
Universidade Federal do Paraná - UFPR

Dedico este trabalho ao meu pai Gentil Gonçalves, à minha avó Valdeci Guedes (*in memoriam*, ambos) e a todos os meus familiares.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida, por iluminar a minha caminhada e colocar anjos na minha estrada existencial que me tornam um ser humano melhor a cada amanhecer.

Aos meus familiares e amigos, em especial ao meu pai Gentil Gonçalves (*in memoriam*), minha mãe Maria de Fátima Guedes e minha irmã Iris Guedes por acreditarem no meu potencial e fazerem dos meus sonhos, os sonhos de vocês. As minhas tias e tios, primos e primas, em especial tia Aldenice Guedes (tia Nice) por acreditar em mim e ter dado todo suporte ao longo da minha trajetória acadêmica. Ao meu avô Renato Guedes e à minha avó Valdeci Guedes (*in memoriam*, ambos).

À minha esposa Jakeline Raquell, pelo apoio incondicional, pela compreensão nas noites e madrugadas ao longo das semanas / finais de semana enquanto eu desenvolvia esta dissertação, por sempre acreditar em mim e me impulsionar a seguir em frente.

Ao meu estimado orientador Prof. Max Andrade, por ter acreditado e investido seu tempo nesta pesquisa antes mesmo do meu ingresso no mestrado, por ter me guiado com tanta sabedoria, competência e tranquilidade. Professor Max, muito obrigado, saiba que lhe tenho como um exemplo, que Deus continue iluminando seus caminhos.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco (MDU / UFPE) pelo compartilhamento do saber, mesmo diante de um cenário atípico (aulas presenciais e remotas) decorrente da pandemia ocasionada pela Covid-19, vocês conseguiram transformar cada aula remota em um ato de amor, resistência e esperança por dias melhores.

Aos meus estimados colegas de turma do MDU / UFPE (turmas ME 41 / 2020 e DO 22 / 2020) pela união, companheirismo e empatia ao longo dessa jornada tão desafiadora e marcante, desenvolvendo nossas pesquisas em plena pandemia. Saibam que eu tenho uma enorme admiração por todos vocês. Por fim, agradeço a todas as pessoas que passaram em minha vida e que, de alguma forma, contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional que não foram nominalmente mencionados.

RESUMO

Projetos Arquitetônicos Aeroportuários, por natureza, são complexos tendo em vista a série de exigências projetuais e normativas a serem atendidas. No Brasil, a avaliação e aprovação desses projetos são realizadas principalmente pela Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC) e pela empresa pública federal brasileira INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária). No cenário atual, estes projetos são submetidos por meio de documentos bidimensionais impressos para avaliação e verificação manual de requisitos junto às equipes de analistas. Tais processos tendem a ser demorados, além de serem avaliados de modo subjetivo, devido às diferentes perspectivas e expertises de conhecimento, dos analistas no momento da avaliação. Tendo como foco esse problema e com base no *Design Science Research* (DSR), esta dissertação desenvolve uma Estrutura Conceitual (EC) para apoiar a gestão da informação necessária para a avaliação dessa categoria de projetos por meio da verificação automatizada de regras. Como prova de conceito foi desenvolvido um projeto arquitetônico para testar o uso prático da estrutura conceitual em uma situação hipotética. Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram a viabilidade de utilização da EC para a avaliação de diferentes requisitos do projeto arquitetônico. Devido a EC possuir uma lógica de montagem flexível, na qual é possível alterar diferentes informações, desde o tipo de verificação automatizada, documentos de referência, disciplina, categorias de avaliação, classificação das regras, esquema de dados, sistema e software de análise, torna-se possível que os analistas escolham diferentes combinações de regras em função da particularidade do projeto a ser avaliado. A avaliação da proposta junto a equipe de analistas de projetos aeroportuários possibilitou vislumbrar um novo horizonte para a avaliação de projetos no Brasil relacionado ao uso do *Code Checking* (CC) ou Verificação automatizada de regras visando a automatização do processo de avaliação de projeto de Terminais de Passageiros Aeroportuários com base na Modelagem da Informação da Construção (BIM).

Palavras-chave: aeroporto; BIM; TPS; verificação de regras; verificação de códigos.

ABSTRACT

Airport Architectural Projects, by nature, are complex in view of the series of design and regulatory requirements to be met. In Brazil, the evaluation and approval of these Brazilian projects are carried out mainly by the National Secretariat of Civil Aviation (SAC) and by the public company INFRAERO (Brazilian Airport Infrastructure Company). In the current scenario, these projects are selected through two-dimensional documents for evaluation and manual selection of requirements with the teams of analysts. Such processes tend to be time-consuming in addition to being subjectively approved, due to the differences in perspectives and knowledge expertise of the analysts at the time of the evaluation. Focusing on the Design Science Research (DSR) project, a Conceptual Framework (DSR) to select the required assessment management through this EC requirements selection development category assessment. As a proof of concept, an animated project was developed to test the practical use of the structure in a hypothetical situation. The results obtained in this research show an evaluation of the feasibility of using EC for different requirements of the animated project. Due to the fact that an EC has a logic of assembly of rules, of analysis schema reference, of data selection, of selection, of evaluation system, of analysis schema reference, of selection data, of evaluation system, of reference, discipline, data software - Different rules design options are chosen depending on the particular one to be evaluated. The evaluation of the proposal with airport requirements analysts, it is possible to envision a new one for the evaluation of project projects in Brazil related to the use of Code Checking (CC) or Rule Checking aimed at automating the TPS evaluation process based on Building Information Modeling (BIM).

Keywords: airport; BIM; TPS; rule checking; code checking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Gerações de sistemas CAD	31
Figura 2 –	Componentes do Desenho Digital	32
Figura 3 –	Estrutura iterativa do processo de avaliação	36
Figura 4 –	Mapa de processo (avaliação e aprovação de projetos)	39
Figura 5 –	Processo de avaliação de projetos aeroportuários (situação atual)	42
Figura 6 –	Modelo de maturidade BIM	46
Figura 7 –	Taxonomia de Usos do Modelo	51
Figura 8 –	Listas de Usos de Domínio do Modelo	52
Figura 9 –	Usos do modelo BIM por fase de projeto	53
Figura 10 –	Cronologia de evolução das versões IFC	55
Figura 11 –	Esquema IFC simplificado demonstrando parte das classes de hierarquia	56
Figura 12 –	Esquema MVD	57
Figura 13 –	Página de login do CORENET e-Submission System	62
Figura 14 –	Adaptação estrutura semântica plataforma FORNAX	63
Figura 15 –	Visão geral do processo de verificação automática no projeto HITOS	66
Figura 16 –	Página de relatório do Design Check	67
Figura 17 –	Adaptação da estrutura do sistema SMARTcodes para verificação de modelos	68
Figura 18 –	Ambiente de trabalho módulo Metropolis Viewer	72
Figura 19 –	Interface do Solibri Model Checker	74
Figura 20 –	Janelas de seleção dos papéis (roles) / regras no SMC	75
Figura 21 –	Classificação de Regras Subjetivas	83
Figura 22 –	Capacidade de implantação da regra ao software Solibri Model Checker (SMC)	83
Figura 23 –	Caracterização dos requisitos	84
Figura 24 –	Publicações por ano	85
Figura 25 –	Publicações por país	86
Figura 26 –	Publicações por periódico	87

Figura 27 –	Usos do modelo associados à Code Checking	88
Figura 28 –	Softwares / Linguagens de programação	89
Figura 29 –	Autores x Usos do Modelo BIM	90
Figura 30 –	Aeroporto de Paris Le Bourget (1919) e (B) Aeroporto Croydon, Londres (1915)	94
Figura 31 –	Novos conceitos de TPS (a partir da década de 40)	95
Figura 32 –	(A) Terminal Linear / (B) Aeroporto Internacional dos Guararapes - Recife /PE (tipo linear)	96
Figura 33 –	(A) Terminal Finger / (B) Aeroporto Kansai - Osaka / Japão (tipo finger)	97
Figura 34 –	(A) Terminal Satélite. Fonte:FAA, 1988 (B) Aeroporto de Huston – Texas / EUA	98
Figura 35 –	Aeroporto Internacional de Brasília (tipo píer satélite)	99
Figura 36 –	(A) Terminal Transporter. Fonte: FAA, 1988 (B) Aeroporto Internacional de Dulles Washington - Eero Saarinen	100
Figura 37 –	Investimentos previstos 1ª fase (PIL 2012)	106
Figura 38 –	Objetivos da SAC com implementação do BIM	107
Figura 39 –	Estratégia de entregas (SAC)	108
Figura 40 –	Arranjo Geral (estrutura conceitual)	115
Figura 41 –	Estruturação hierárquica (subetapa I – módulo 01)	118
Figura 42 –	Lógica de Montagem (combinação estabelecida - módulo 01)	119
Figura 43 –	Exemplo de uma combinação estabelecida (CE) subetapa I – módulo 01	130
Figura 44 –	Quadro de Análise da Regra (QA) esquemático	131
Figura 45 –	Quadro Síntese das Regras (QS) esquemático	132
Figura 46 –	Informações Gerais (QD)	133
Figura 47 –	Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - parcial	134
Figura 48 –	(A) QAD / (B) exemplo de um dashboard criado no Power BI a partir de um QS	135
Figura 49 –	Quadro de Relato da Verificação Automatizada de Regras (QR)	136
Figura 50 –	Modelo autoral BIM mono-disciplinar (TPS)	138

Figura 51 –	Processo de avaliação de PAA (situação proposta)	141
Figura 52 –	Processo de avaliação de PAA (situação atual / situação proposta)	142
Figura 53 –	Combinação Estabelecida (planilha Excel)	143
Figura 54 –	(A) Quadro de Análise de Regra (QA) Regra 01 / (B) Resultado da verificação automatizada no SMC	144
Figura 55 –	Quadro Síntese (QS)	146
Figura 56 –	Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - assinalado	147
Figura 57 –	(A) QAD assinalado / (B) dashboard criado no Power BI a partir do QS	149
Figura 58 –	Quadro de Relato da Verificação Automatizada de Regras (QR) assinalado	150
Figura 59 –	(A) Requisitos verificados no SMC / (B) Requisitos carregados via BCF no BIMcollab (aba painel de controle) / (C) Requisitos carregados via BCF no BIMcollab (aba issues)	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais diferenças entre pesquisa descritiva e prescritiva	25
Tabela 2 – Tipos de Artefatos (saídas de uma DSR)	26
Tabela 3 – Quadro resumo RSL	28
Tabela 4 – Classificação dos modelos CAD	33
Tabela 5 – Níveis de Desenvolvimento (LOD)	48
Tabela 6 – Sistemas de Verificação Automatizada de Regras	81
Tabela 7 – Classes de Problemas (RSL)	91
Tabela 8 – Comparação dos tipos de TPS	101
Tabela 9 – Métodos de dimensionamento na literatura	102
Tabela 10 – Avaliação nível de serviço (saguão de embarque)	103
Tabela 11 – Avaliação nível de serviço (quantidade assentos)	103
Tabela 12 – Conceitos Operacionais	104
Tabela 13 – Reuniões realizadas (conscientização do problema)	109
Tabela 14 – Dados Gerais (nível 01)	120
Tabela 15 – Categoria documentos a serem analisados	121
Tabela 16 – Informações Grupos (nível 02)	122
Tabela 17 – Documentos de referências (G.1)	124
Tabela 18 – Categoria disciplinas (G.2)	124
Tabela 19 – Categorias de análise (G.3)	125
Tabela 20 – Classificação das Regras (G.4)	125
Tabela 21 – Esquema de Dados (G.5)	126
Tabela 22 – Sistema / Software de análise (G.6)	126
Tabela 23 – Descrições e parâmetros das regras (G.1)	127
Tabela 24 – Descrições e parâmetros (G.2)	127
Tabela 25 – Descrições e parâmetros dos requisitos (G.3)	128
Tabela 26 – Descrição das classes de regras (G.4)	128
Tabela 27 – Entidades relacionadas ao esquema de dados (G.5)	129
Tabela 28 – Descrições e parâmetros (G.6)	129
Tabela 29 – Entrevistas (avaliação do artefato)	155

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AI	<i>Artificial Intelligence</i>
AIA	<i>The American Institute of Architects</i>
AM	Aprendizado de Máquina
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
API	<i>Application Programming Interface</i>
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i>
BERA	<i>Building Environment Rule and Analysis Language</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIMQL	<i>Building Information Model Query Language</i>
BIMRL	<i>BIM Rule Language</i>
BOM	<i>BERA Objects Models</i>
bSDD	<i>buildingSMART Data Dictionary</i>
CAAD	<i>Computer Aided Architectural Design</i>
CAD	<i>Computer Aided Design / Computer Aided Drawing</i>
CC	<i>Code Checking</i>
CE	Combinação Estabelecida
CECIA	Comissão de Estudos e Coordenação da Infraestrutura Aeronáutica
CG	<i>Conceptual Graph</i>
CIS/2	<i>CIMsteel Integration Standard Version 2</i>
CORENET	<i>Construction and Real Estate Network</i>
DAT	<i>Design Assessment Tool</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
DXF	<i>Drawing eXchange Format</i>
EC	Estrutura Conceitual
EDM	<i>Express Data Manager</i>
EIR	<i>Employers Information Requirements</i>
ETE	Especificações Técnicas Específicas
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FOL	<i>First Order Logic</i>
GSA	<i>General Services Administration</i>

IATA	<i>International Air Transport Aviation</i>
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
ICC	<i>International Code Council</i>
ICAA	<i>Internacional Civil Airports Association</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IdS	<i>Information Delivery Specification</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level of Detail / Level of Development</i>
MC	Memória de Cálculo
MD	Memorial Descritivo
MDA	<i>Model Driven Architecture</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
MQS	Memorial de Quantificação
MVD	<i>Model View Definition</i>
NBIS	<i>National Institute of Building Sciences</i>
NBR	Norma Brasileira
ND	Nível de Detalhe
NI	Nível de Informação
NLP	<i>Natural Language Processing</i>
OOP	<i>Object Orient Programming</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PSQ	Planilha de Serviços e Quantidades
PIL	Programa de Investimento em Logística
QA	Quadro de Análise da Regra
QAD	Quadro de Análise dos Dados
QD	Quadro de Diretrizes de Modelagem
QS	Quadro Síntese das Regras
QR	Quadro de Relato do Resultado
RAT	Relatório de Acompanhamento Técnico
RBAC	Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil
RG	Representações Gráficas
RSL	Revisão Sistemática de Literatura

SAC	Secretaria Nacional de Aviação Civil
SMC	<i>Solibri Model Checker</i>
STBA	<i>Service Technique Des Bases Aériennes</i>
TED	Termo de Execução Descentralizado
TI	Tecnologia da Informação
TBR	<i>Transportation Research Board</i>
TPS	Terminal de Passageiros Aeroportuário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	O desafio da avaliação de projetos arquitetônicos de Terminais de passageiros aeroportuários	18
1.2	Justificativa	20
1.3	Objetivos	22
1.4	Estrutura da dissertação	22
2	ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA	24
2.1	Design Science Research	24
2.1.1	Delineamento da Pesquisa	27
2.1.1.1	<i>Conscientização do Problema</i>	27
2.1.1.2	<i>Revisão Sistemática de Literatura (RSL)</i>	27
2.1.1.3	<i>Sugestão</i>	29
2.1.1.4	<i>Desenvolvimento do Artefato</i>	29
2.1.1.5	<i>Demonstração</i>	29
2.1.1.6	<i>Avaliação do Artefato</i>	29
2.1.1.7	<i>Comunicação</i>	29
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	30
3.1	Desenho versus projeto assistido por computador	30
3.1.1	Breve Histórico	30
3.1.2	Processo de Avaliação (evaluation)	33
3.1.3	Processo de Avaliação em Projetos Aeroportuários	36
3.2	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	44
3.2.1	Conceituação	44
3.2.2	Parametrização	46
3.2.3	Colaboração	47
3.2.4	Nível de Desenvolvimento (LOD)	47
3.2.5	Usos do Modelo BIM	50
3.2.6	Interoperabilidade	53
3.3	<i>Verificação Automatizada de Regras (Code Checking e</i>	

	Validation)	59
3.3.1	Conceituação	59
3.3.2	Sistemas de Verificação Automatizada de Regras	60
3.3.3	Linguagens - Sistemas de Verificação Automatizada de Regras	76
3.3.4	Níveis de Subjetividade da Verificação Automatizada de Regras	82
3.3.4.1	<i>Análise dos Resultados</i>	85
3.3.4.2	<i>Identificação do Artefato e Classes de Problemas</i>	91
4	COMPREENDENDO O OBJETO DE ESTUDO	93
4.1	Terminais de Passageiros (TPS)	93
4.2	Aeroportos e Aeródromos	101
4.2.1	Dimensionamento dos TPS	102
4.2.2	Conceitos Operacionais	104
4.3	Um Panorama dos Projetos Aeroportuários em BIM no Brasil	105
4.4	Entrevistas (conscientização do problema)	109
4.4.1	Entrevista 01 - equipe INFRAERO	110
4.4.2	Entrevista 02 - escritório de projeto (arquitetura)	111
4.4.3	Entrevista 03 - equipe SAC	112
5	CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL	114
5.1	Conceituação	114
5.2	Documentos de referências para utilização da Estrutura Conceitual	115
5.3	Modulação Proposta	116
5.3.1	Módulo 01	116
5.3.1.1	<i>Subetapa I – Módulo 01</i>	116
5.3.1.2	<i>Subetapa II – Módulo 01</i>	130
5.3.1.3	<i>Subetapa III – Módulo 01</i>	131
5.3.2	Módulo 02	133
5.3.2.1	<i>Subetapa I – Módulo 02</i>	133
5.3.3	Módulo 03	134
5.3.3.1	<i>Subetapa I – Módulo 03</i>	134
5.3.4	Módulo 04	136

5.3.4.1	<i>Subetapa I – Módulo 04</i>	136
5.4	Prova de Conceito da Estrutura Conceitual	137
5.5	Contribuição da Estrutura Conceitual	152
5.6	Compreensão da Estrutura Conceitual	153
5.7	Aplicabilidade da Estrutura Conceitual	154
6	AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL	155
6.1	Entrevistas (avaliação da Estrutura Conceitual)	155
6.1.1	Entrevista 04 - equipe SAC	156
6.1.2	Entrevista 05 - equipe INFRAERO	156
6.2	Generalizações para as Classes de Problema	157
7	CONCLUSÕES	161
	REFERÊNCIAS	165
	APÊNDICE A – DOCUMENTOS COMPLEMENTARES DA RSL	173
	APÊNDICE B – RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO AUTOMATIZADA (10 REGRAS)	183
	APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ENTREVISTAS	202
	APÊNDICE D – PUBLICAÇÕES REALIZADAS AO LONGO DOS ÚLTIMOS ANOS	213
	APÊNDICE E – MEMORIAL DE CRITÉRIOS E CONDICIONANTES - ARQUITETURA / TPS (INFRAERO, 2008)	217

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o problema da presente pesquisa, a justificativa do trabalho, que envolve a avaliação de projetos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários, apresenta os objetivos (geral e específicos) e por fim, descreve resumidamente a estruturação desta dissertação de mestrado.

1.1 O desafio da avaliação de projetos arquitetônicos de Terminais de passageiros aeroportuários

Surgida no início do século XX, a aviação se estabeleceu como meio de transporte civil, apenas após a Segunda Guerra Mundial. Neste momento, o aeroporto priorizava o caráter operacional. A partir do século XXI este equipamento passa a dispor de novas características, evidenciando a sua vocação comercial. O Terminal de Passageiros (TPS) aeroportuário que inicialmente destinava-se apenas como espaço de transição para o embarque e desembarque, transformou-se em um complexo multiuso, dotado de vida própria, visando proporcionar uma nova experiência aos seus usuários.

O Brasil tornou-se um dos países emergentes com maior potencial de desenvolvimento do transporte aéreo em virtude de uma conjugação favorável de fatores, destacando-se: dimensão continental do território, alta mobilidade geográfica e social da sua população acelerado deslocamento das fronteiras econômicas, inserção competitiva nos mercados globais, em vasta gama de bens e serviços, estabilidade monetária no longo prazo e o consequente aumento do poder aquisitivo dos consumidores (BARAT, 2008).

Até a década de 1940 o projeto arquitetônico de um aeroporto era concebido especificamente conforme as exigências das aeronaves que iriam operar naquele empreendimento. Este demandava um limitado programa de necessidades. Em detrimento a proximidade com centros geradores de demanda, multifuncionalidade de serviços, surgimento de novos materiais e processos construtivos, surgimento de novos conceitos, tais como: cidades-aeroporto (KASARDA, 2006), aero shopping, aeroporto industrial (INFRAERO, 2002), aeroporto cidade, fizeram com que a concepção desse projeto se tornasse algo complexo e singular.

Por ser uma atividade complexa, o desenvolvimento de um projeto arquitetônico aeroportuário demanda conhecimento especializado para a sua

concepção, desenvolvimento e avaliação do atendimento às normas existentes. O alto nível de complexidade desse perfil de empreendimento pode ser visto na estrutura funcional do edifício, que é dotado de vida própria, na complexidade nas relações com o seu entorno imediato, bem como, na adequação a diversos parâmetros, tais como, níveis de serviço, níveis de segurança, processo de certificação, dentre outros.

A complexidade desse tipo de projeto repercute não apenas na concepção e desenvolvimento, mas também na etapa de avaliação, que passar por uma série de órgãos de controle e avaliação do projeto, como os já conhecidos (prefeituras, órgãos ambientais, corpo de bombeiros, etc.), perpassando por órgãos que têm uma função estratégica na aprovação desse tipo de projeto como a Secretaria de Aviação Civil (SAC), e a Empresa Pública Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) além dos demais órgãos municipais que realizam análises específicas desses projetos.

É dentro desse contexto que o problema da presente pesquisa de mestrado se insere. Este refere-se ao tempo elevado de avaliação de projetos arquitetônicos de TPS em órgãos como a SAC e a INFRAERO. Tais processos de avaliação tendem a ter duração prolongada, em alguns casos perdurando meses e até anos, considerando todo o processo de revisão e correção. Logo, o foco dessa dissertação, está no estudo da avaliação dos requisitos de projeto de arquitetura do TPS, no qual, tanto a SAC quanto a INFRAERO possuem autonomia para realizarem essa atividade.

A realização de um projeto arquitetônico de um TPS, precisa atender uma série de pré-requisitos normativos que vão nortear o projetista durante o ato de concepção e desenvolvimento do projeto. Dentre os documentos, que compõem esses pré-requisitos normativos pode-se destacar: Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC), Portaria 1141/GM5, Anexo 14, Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS (INFRAERO, 2008), ABNT NBR 9050, dentre outros.

O objeto empírico desta pesquisa refere-se ao processo de avaliação em projetos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários. Estes, são diversificados entre as suas diversas composições (simples, linear, curvilíneo, pír finger, dentre outros), além do mais, possuem um certo número de características que os tornam lugares “sem igual” (ANDRADE, 2007). O autor supracitado

acrescenta que, mesmo havendo outros tipos de edificações contemporâneas semelhantes em complexidade de uso, sofisticação e amplitude de escala, há aspectos que são exclusivos dos terminais aeroportuários, quando comparados a outros modais. Dentre as diversas peculiaridades, Andrade (2007) destaca: a dupla interface entre os lados terra e ar, as grandes dimensões internas, a presença de equipamentos mecânicos automáticos para o transporte de passageiros (*Automated People Mover* – APM) e a necessária flexibilidade para crescer e se modificar, que é ainda imprevisível frente à potencialidade de desenvolvimento da indústria da aviação demandando que o programa de necessidades dos projetos de TPS sejam adaptados aos diferentes cenários.

1.2 Justificativa

No Brasil, a avaliação e aprovação dos projetos aeroportuários públicos desenvolvidos pelas equipes de projetistas são realizadas pela Empresa Pública Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), Secretaria de Aviação Civil (SAC), dentre outros órgãos competentes responsáveis pela administração dos aeroportos em solo brasileiro.

Com base na quantidade elevada de pré-requisitos normativos, o processo de avaliação e aprovação dos projetos de TPS no Brasil se tornou algo extremamente complexo, havendo a necessidade de que a equipe de projetistas tenha expertise equivalente para conceber um projeto de arquitetura em atendimento a todos os pré-requisitos normativos, assim como, os analistas possuam habilidade para avaliar todos os requisitos contemplados e não contemplados no projeto, emitindo pareceres e relatórios de acompanhamento técnico (RAT) para equipe de projetistas.

Do ponto de vista pessoal, este trabalho surge da oportunidade que o pesquisador teve em 2012 de trabalhar em uma empresa multinacional de consultoria de projetos de infraestrutura. Este pôde na prática vivenciar os desafios diários para o desenvolvimento e aprovação de projetos aeroportuários junto aos órgãos componentes, percebendo as peculiaridades inerentes a esse processo. Um dos pontos que chamou a atenção do pesquisador foi o elevado tempo que os órgãos competentes demandam para analisar e aprovar toda a documentação submetida do projeto baseada em desenhos bidimensionais desenvolvidos em sistemas CAD (*Computer Aided Drawing*).

Entre 2014 a 2018, o autor participou de um contrato nesta mesma empresa relacionado a prestação de serviços técnicos especializados de engenharia para elaboração de estudos de Viabilidade Técnica, Estudos Preliminares, Anteprojetos, Análise de Projetos Executivos, realização de Ensaaios Geotécnicos e de Pavimentos, Sondagens e Ensaaios de Campo, elaboração de Projeto Executivo de Fundações e de Urbanização do Sítio Aeroportuário, integrantes do “Programa de Investimento em Logística: Aeroportos” do Governo Federal. Neste contrato, especificamente na fase de Anteprojetos, foi utilizado o *Building Information Modeling* (BIM, em português, Modelagem da Informação da Construção) para auxiliar no desenvolvimento dos respectivos projetos. Neste contexto, o pesquisador pôde observar os ganhos atrelados ao uso do BIM, comparado a forma como se desenvolviam os projetos pré-BIM. Apesar de observar diversos benefícios (mudanças relacionadas a políticas, utilização de novas tecnologias, adequação de processos e mudança na cultura dos agentes envolvidos), a fase de análise visando a aprovação dos projetos pelos órgãos competentes continuava demandando um elevado tempo, assim como, possuindo ambiguidade nas análises, em função das diferentes perspectivas e conhecimentos específicos de cada analistas, faltando uma maior padronização no processo de avaliação dos projetos aeroportuários.

Através dessa experiência profissional do pesquisador, e mediante a leitura de alguns documentos acadêmicos relacionando o uso do modelo BIM ao *Code Checking* (CC¹), em português, Verificação automatizada de regras. Foi percebido pelo autor que não existia até o momento no Brasil reflexões a respeito do uso de CC para projetos aeroportuários, mais especificamente aplicado aos TPS. A partir desse momento surgiu o interesse em desenvolver o tema proposto por essa dissertação.

¹ Ao longo deste texto será utilizado o acrônimo CC (*Code Checking e Validation*) baseado no BIMDictionary (2022).

1.3 Objetivos

Essa dissertação tem como objetivo geral desenvolver uma Estrutura Conceitual que visa aprimorar e promover uma maior padronização no processo de avaliação visando à aprovação de projetos de arquitetura de TPS no Brasil tirando proveito de recursos computacionais vinculados ao processo de projeto atrelado ao uso do modelo BIM denominado *Code Checking* (CC). Este modelo conceitual visa subsidiar as equipes de analistas de TPS com base na Verificação automatizada de regras.

Os objetivos específicos são:

- Identificar e organizar as propriedades e parâmetros mínimos necessários para o uso da Verificação automatizada de regras em projetos de arquitetura de TPS;
- Estruturar as diretrizes de projeto de arquitetura de TPS presentes no Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS codificação: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008) para uma lógica de avaliação baseada no modelo BIM visando a simulação em um software de verificação automatizada de regras;
- Demonstrar como a Estrutura Conceitual poderá tornar mais eficiente o processo de avaliação de projetos arquitetônicos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários fazendo uso da Verificação automatizada de regras apoiada no BIM, junto às equipes de analistas de projeto aeroportuário da SAC e INFRAERO.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está constituída por sete capítulos, conforme apresentado a seguir:

O **Capítulo 1** introduz o trabalho e apresenta o problema da pesquisa, a justificativa, os objetivos gerais e específicos e a estrutura da dissertação.

O **Capítulo 2** exhibe a abordagem metodológica utilizada para desenvolvimento da pesquisa baseado no *Design Science Research*, contendo o delineamento estabelecido pelo pesquisador.

O **Capítulo 3** explicita a Fundamentação Teórica sobre o tema, dividida em

três subseções sobre contextualização histórica do Desenho Versus Projeto Assistido por Computador, *Building Information Modeling* (BIM) e Verificação automatizada de regras (*Code Checking e Validation*) contendo uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre o último tópico.

O **Capítulo 4** apresenta uma fundamentação teórica sobre Aeroportos e Terminais de Passageiros aeroportuários, expondo os resultados de entrevistas realizadas com projetistas e analistas de projeto.

O **Capítulo 5** refere-se ao desenvolvimento do artefato desenvolvido pelo pesquisador compreendendo a conceituação e sua proposição mediante a realização da prova de conceito.

O **Capítulo 6** abrange o processo de avaliação do artefato com base na realização das entrevistas de avaliação junto às equipes de analistas de projeto aeroportuário e as generalizações alcançadas.

O **Capítulo 7** expõe as considerações finais indicando como os objetivos propostos foram contemplados na pesquisa, assim como, descrevendo as reflexões para trabalhos futuros.

Além dos capítulos descritos, esta dissertação possui **5 Apêndices**. O **Apêndice A** contém os documentos complementares produzidos na Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre *Code Checking* (CC). O **Apêndice B**, apresenta os resultados da verificação automatizada dos 10 requisitos instanciados na plataforma BIM Solibri Model Checker, O **Apêndice C**, apresenta os resultados obtidos nas entrevistas de avaliação do artefato realizadas junto às equipes de analistas de projeto aeroportuário da SAC e INFRAERO. O **Apêndice D**, expõe as publicações realizadas pelo pesquisador e seu orientador ao longo dos últimos anos durante o desenvolvimento desta dissertação (primeira página dos artigos científicos), e o **Apêndice E**, apresenta as páginas do documento de referência denominado Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS codificação: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008) utilizado para instanciação dos 10 requisitos verificados em um modelo BIM de um Terminal de Passageiros Aeroportuário.

2 ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento desta pesquisa, abrangendo a conceituação teórica sobre o *Design Science Research* (DSR), até o processo de adequação da DSR no delineamento estabelecido pelo pesquisador para desenvolvimento desta dissertação.

2.1 Design Science Research

Conhecida também como *Constructive Research*, a *Design Science Research* (DSR) trata-se de uma abordagem metodológica direcionada para a solução de problemas. Segundo (ÇAĞDAŞ e STUBKJÆR, 2011) a DSR refere-se a um processo rigoroso de projetar artefatos para solucionar problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando, e comunicar os resultados obtidos.

De acordo com March e Smith (1995), as ciências naturais reconhecidas como pesquisas mais tradicionais, predominantemente visam a compreensão e explicação da realidade, sendo classificadas como pesquisas descritivas. Entretanto, segundo Denning (1997), a DSR se propõe a criar coisas que atendam propósitos ou necessidades específicas. Os produtos de uma DSR são avaliados em relação ao seu valor ou utilidade que possuem. Em suma, as ciências naturais são descritivas e explicativas na intenção, enquanto a DSR, por outro lado, cria artefatos que incorporam essas prescrições de valor ou utilidade para uma comunidade de usuários (MARCH; SMITH, 2015). O objetivo da DSR é produzir uma “construção” inovadora, destinada a resolver problemas enfrentados pelo mundo real e, dessa forma, dar uma contribuição para a teoria da disciplina em que é aplicada (LUKKA, 2003). Van Aken (2004) descreveu as principais diferenças entre a abordagem de uma pesquisa descritiva e a abordagem de uma pesquisa prescritiva, no qual a DSR se enquadra. A Tabela 1 resume a diferença entre as abordagens de pesquisa.

Tabela 1 - Principais diferenças entre pesquisa descritiva e prescritiva

Características	Pesquisa Descritiva	Pesquisa Prescritiva
Paradigma dominante	Ciências explicativas	Ciências do Design
Foco	Foco no problema	Foco na solução
Perspectiva	Observador	Jogador
Lógica	Retrospectiva	Resultado da intervenção
Pesquisa típica (pergunta)	Explicação	Soluções alternativas para uma classe de problema
Pesquisa típica (produto)	Modelo casual; lei quantitativa	Testado e aterrado regra tecnológica
Natureza da pesquisa (produto)	Algoritmo	Heurística (prática)
Justificativa	Prova	Evidência saturada

Fonte: Adaptado de Van Aken (2004)

A partir da identificação de um determinado problema, seja ele teórico ou prático, é necessário promover uma conscientização das suas repercussões estabelecendo objetivos ou metas a serem alcançadas para solução do problema. Esse procedimento é denominado por March e Smith (2015) de “conscientização”.

Na DSR expressão artefato, pode ser entendida como, o cumprimento de um propósito, ou adaptação a um objetivo, envolve a relação de três elementos: propósito ou objetivo, caráter do artefato e ambiente em que este funciona (SIMON, 1996). Segundo Mach e Smith (1995), os artefatos podem ser definidos como: Constructos, Modelos, Métodos e Instanciações. A Tabela 2 exhibe as características de cada tipo de artefato.

Tabela 2 - Tipos de Artefatos (saídas de uma DSR)

Descrição	
Tipos de Artefatos	Constructos
	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Estes constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções.
	Modelos
	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de <i>design</i> , modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são.
	Métodos
	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, nos quais as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe.
	Instanciações
	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: Adaptado de March e Smith (1995)

Com base no perfil da proposta, esta pesquisa optou pela escolha da DSR como abordagem metodológica tendo em vista que, o problema de pesquisa abordado nesta dissertação, trata-se de uma situação real que existe no processo de análise e aprovação de projetos arquitetônicos de TPS no Brasil e se enquadra na categoria inovação tecnológica, tendo em vista tirar proveito de recursos computacionais para viabilizar o uso de um modelo conceitual baseado na Modelagem da Informação da Construção (BIM) associado ao uso do modelo BIM

denominado *Code Checking* (CC).

Segundo March e Smith (1995) o método *Design Science Research* (DSR), constitui-se em duas macros etapas: **(1) Construção**, etapa destinada ao desenvolvimento do artefato para um propósito específico; e, **(2) Avaliação do Artefato**, etapa destinada a mensuração da eficiência do artefato, a partir da verificação do seu comportamento no contexto analisado, esta pesquisa faz o uso da DSR com base no delineamento proposto por March e Smith (1995).

2.1.1 Delineamento da Pesquisa

Esta pesquisa teve a sua adequação aos procedimentos baseado no *Design Science Research* (DRS) com base nas duas macros etapas propostas por March e Smith (1995), 1) Construção do Artefato (apresentado no **Capítulo 5**) e 2) Avaliação do Artefato (apresentado no **Capítulo 6**).

2.1.1.1 Conscientização do Problema

A etapa de Conscientização do Problema desta pesquisa originou-se em um primeiro momento com base na experiência profissional que o pesquisador teve junto a empresa multinacional no processo de desenvolvimento de Projetos Aeroportuários desde a fase de desenvolvimento até as fases de análise e aprovação dos projetos junto aos órgãos competentes (**Capítulo 1**), desenvolvimento da Fundamentação Teórica, compreensão a respeito do objeto de estudo e a realização das entrevistas de conscientização do problema (**Capítulo 3**) assim como no desenvolvimento da RSL.

2.1.1.2 Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

A RSL trata-se de uma forma de identificar, avaliar e interpretar algumas das principais pesquisas relacionados ao tema deste trabalho (KITCHENHAM, 2004). Para esta pesquisa, a RSL foi contemplada no delineamento estabelecido com base na DSR possibilitando estruturar o entendimento a respeito dos artefatos existentes pertinentes ao problema desta pesquisa.

Para apoio ao desenvolvimento da RSL foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa: 1) quais são os sistemas / softwares mais utilizados para o

uso de CC?, 2) quais modelos de CC e seus constructos e onde foram aplicados? e 3) quais os tipos e projetos avaliados através do uso de CC?. Os documentos complementares desta RSL estão apresentados no **Apêndice A**.

A Tabela 3 expõe o processo de refinamento das fontes e aplicações de filtros até chegar na amostra final, resultando em 24 publicações em periódicos contemplando o intervalo de tempo desde 2008 a 2020.

Tabela 3 - Quadro resumo RSL

Parâmetros	Aplicação da busca			
Base de Dados	ASCE Library	COMPENDEX	SCOPUS	SCIELO
Campo de Busca	<i>Anywhere</i>	<i>Subject/Title/ Abstract</i>	<i>Subject/Title/ Abstract</i>	<i>Anywhere</i>
Tipo de Publicação	N/A	<i>Jornal Article</i>	<i>Article</i>	N/A
Resultado	98	329	503	63
Total de publicações por base	22	17	21	2
Eliminação por repetição de bases	20	14	21	2
Total de publicações		62		
Eliminação por repetição de bases		5		
Publicações resultantes		57		
Não Conformidade c/ critérios estabelecidos		25		
Amostra resultante		32		
Aplicação de filtros restritivos		8		
Amostra Total		24		

Fonte: O autor (2022)

Para a realização da RSL foram estabelecidas as seguintes palavras-chaves: BIM ou *Building Information Modeling* somada às demais palavras-chaves: *code checking*, *rule checking*, verificação de regras e *automated code checking*.

2.1.1.3 Sugestão

A etapa de Sugestão está ligada às atividades de desenvolver uma, ou mais, alternativas visando solucionar o problema (MANSON, 2006). Nesta etapa foi apresentado as premissas e requisitos (Capítulo 2 e 3) para a construção do artefato.

2.1.1.4 Desenvolvimento do Artefato

A etapa de Desenvolvimento do Artefato, partiu através da escolha da classe de problema de pesquisa (**Capítulo 2**) estabelecida relativa ao Desenvolvimento / Avaliação de Projetos. O artefato proposto e seus respectivos componentes visando promover o efeito desejado estão apresentados no **Capítulo 5**.

2.1.1.5 Demonstração

A etapa de Demonstração do artefato está apresentada no Capítulo 5 na seção referente a realização da Prova de Conceito do artefato, no qual visou demonstrar o comportamento do artefato em um caso real de avaliação de projeto arquitetônico de um Terminal de Passageiros (TPS) aeroportuário.

2.1.1.6 Avaliação do Artefato

A etapa de Avaliação do artefato (apresentado no Capítulo 6), visou realizar a instanciação do mesmo junto a equipe de analistas da INFRAERO e SAC. Avaliando o seu comportamento, assim como, obtendo junto aos entrevistados os registros dos pontos positivos e dos pontos a serem melhorados.

2.1.1.7 Comunicação

A etapa de Comunicação apresentada na seção relacionada às generalizações para as classes de problema da pesquisa (**Capítulo 6**), visou sintetizar as principais aprendizagens obtidas ao longo da construção e avaliação do artefato, assim como, o registro dos pontos positivos e pontos a serem melhorados, recomendação para utilização do artefato, capacitação dos usuários e demais esforços necessários para que o artefato seja implementado com êxito.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica compreendida em três seções: Desenho Versus Projeto Assistido por Computador, *Building Information Modeling (BIM)* e Verificação automatizada de regras (*Code Checking e Validation*).

A primeira seção aborda o aprofundamento teórico a respeito do processo de evolução do projeto, da Era Analógica até a Era Digital. A segunda seção consiste na conceituação da Modelagem da Informação da Construção (BIM) e a sua relação com a pesquisa apresentada nessa dissertação. A terceira e última seção refere-se à conceituação de Verificação automatizada de regras abrangendo o entendimento a respeito do uso do Modelo BIM *Code Checking e Validation* (SUCCAR, 2015) nesta última seção foi desenvolvida uma RSL sobre o tema.

3.1 Desenho versus projeto assistido por computador

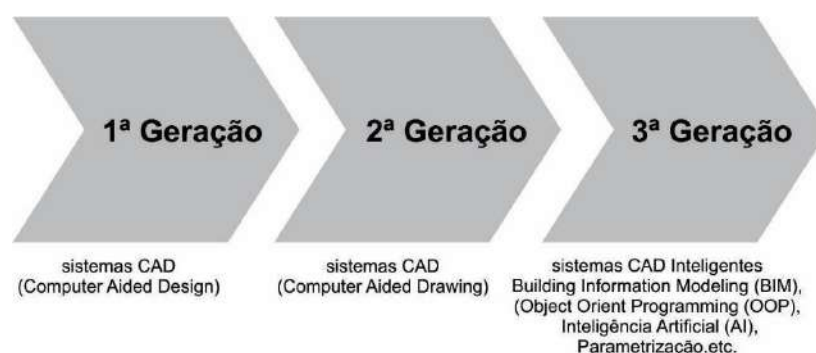
Esta seção aborda um aprofundamento teórico a respeito da transição entre a “Era Analógica” de desenvolvimento e avaliação de projetos arquitetônicos baseados em desenhos feitos à mão e a “Era Digital”, na qual o computador passou a auxiliar o processo de desenvolvimento e avaliação dos projetos possibilitando que os projetos pudessem ser concebidos e avaliados através de modelos digitais com base nos dados e parâmetros contidos nos modelos digitais.

3.1.1 Breve Histórico

Segundo Kalay (2004), o projeto assistido por computador passou por três gerações, sendo a primeira geração de CAD (*Computer Aided Design*) destinada a auxiliar o desenvolvimento de projetos por meio de estruturas de dados armazenado no computador, contendo atributos de valores, em leitores ou geradores de soluções de projeto. Essa primeira geração explorou o que Mitchell e McCullough (1995) chamaram de paradigmas fundamentais do projeto arquitetônico assistido por computador – *Computer Aided Architectural Design (CAAD)*. Kalay (2004) mostrou que essa solução na época era difícil de ser utilizada pelo alto valor dos computadores, tornando o uso do CAD restrito. A segunda geração de projetos assistidos por computador, foi baseada principalmente, na representação de

desenhos e dos sistemas de modelagem. Neste momento, o conceito CAD estava mais relacionado ao Desenho assistido por computador (*Computer Aided Drawing*) do que ao Projeto assistido por computador (*Computer Aided Design*). A terceira geração, surge com o desenvolvimento de softwares CAD mais inteligentes. Esta geração baseou-se no uso do computador como instrumento de suporte ao projeto arquitetônico, aprofundando pesquisas em áreas como Programação de Objeto Orientado - *Object Orient Programming* (OOP), Inteligência Artificial - *Artificial Intelligence* (AI), Parametrização, dentre outros (Figura 1).

Figura 1 – Gerações de sistemas CAD

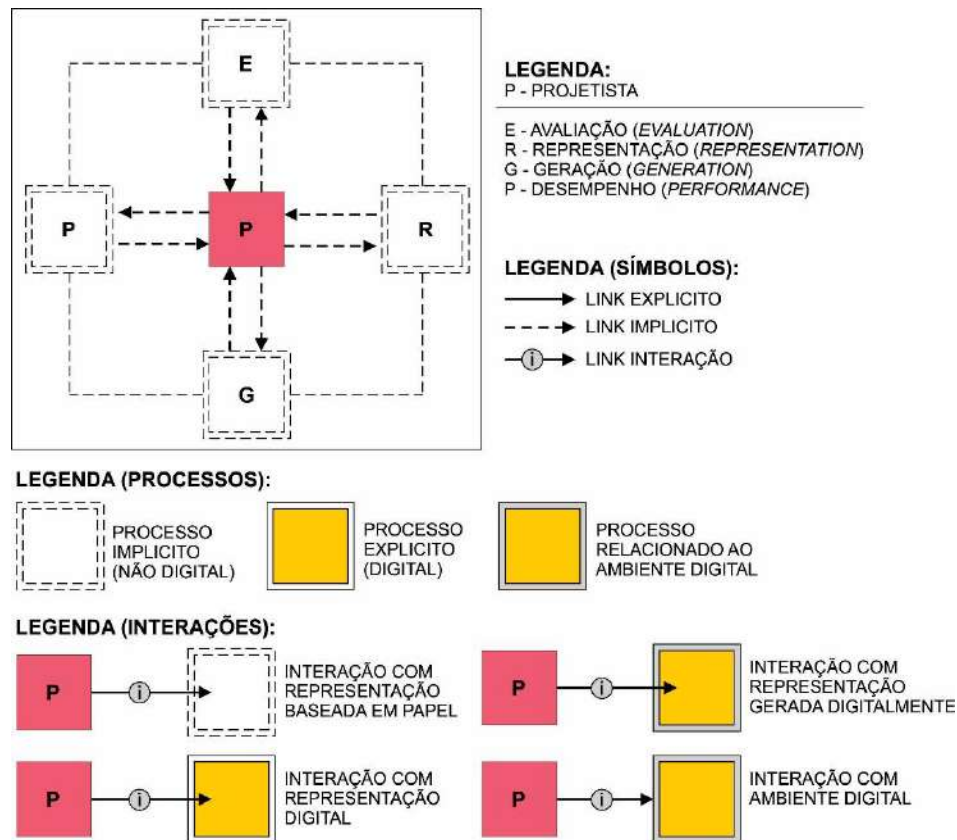


Fonte: Adaptado de Kalay (2004)

No campo do conhecimento referente ao projeto digital, não existia, até então, uma formulação teórica para explicar as transformações nas práticas de projeto (OXMAN, 2006). Para tratar disso, foi proposto o uso de uma estrutura conceitual para definir e explicar os paradigmas inovadores do projeto digital. Esta estrutura é baseada na interação que o projetista tem com os quatros principais componentes do projeto digital que representam as quatros classes das atividades, I) representação, II) geração, III) avaliação e IV) desempenho (Figura 2).

Os modelos tradicionais de projeto na era analógica foram baseados em conhecimento implícito, ao invés de explícito. Tanto o conhecimento gerador quanto o avaliativo não eram formalizados e, muitas vezes, essa falta de padronização estava associada à intuição e à criatividade. Na era digital, em uma visão computacional do projeto digital, a explicação dos processos cognitivos foi baseada na capacidade humana de formular, representar, implementar e interagir com representações explícitas e bem formuladas do conhecimento. O que era um processo cognitivo implícito na modelagem de projeto analógico baseado em papéis tornou-se explícito devido à natureza dos processos computacionais (OXMAN, 2006 p.243).

Figura 2 - Componentes do Desenho Digital



Fonte: Adaptado de Oxman (2006)

Com base na interação dos componentes do desenho digital, Oxman (2006) propõe quatro classes de interações: I) interação com representação de forma livre (baseado em papel não digital), II) interação com representação digital (baseado em sistemas CAD) no qual o projetista interage com um esboço digital ou desenho digital no computador, III) interação com uma representação digital gerada por um mecanismo, no qual o projetista interage com uma estrutura digital que foi gerada através de um mecanismo de acordo com um conjunto de regras ou relações pré-estabelecidas e IV) interação com ambiente digital que gera uma representação digital, no qual o projetista interage com um mecanismo computacional de design generativo que gera a representação digital (OXMAN, 2006).

Segundo Oxman (2006), os modelos digitais de projeto classificados em: Modelo CAD (*CAD model*) – são subdivididos nas classes Modelo CAD Descritivo; Modelo CAD para avaliação e Modelo CAD Descritivo com processo digital bidirecional (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação dos modelos CAD

CAD model (Modelos CAD)	1. <i>CAD descriptive model</i> (Modelo CAD descritivo) 2. <i>Generation-evaluation CAD model</i> (Modelo CAD de avaliação) 3. <i>CAD descriptive models and their evolution to dual-directional digital processes</i> (Modelo CAD descritivo com processo digital bidirecional)
--	--

Fonte: Oxman (2006)

No modelo CAD de avaliação, os processos de representação e avaliação são viabilizados através de um banco de dados compartilhado. Desse modo, a partir do momento em que ocorre determinada alteração na representação digital, essa modificação poderá ser avaliada automaticamente através da verificação automatizada de regras, criando um ciclo de feedback de interpretação por meio do projetista (que nesta pesquisa será representada pela figura do arquiteto responsável pelo projeto de arquitetura do TPS) que gera as modificações apropriadas no modelo representacional e a equipe de analistas que avaliam se as propriedades contidas no modelo digital atendem ou não atendem os pré-requisitos normativos.

3.1.2 Processo de Avaliação (*evaluation*)

No contexto do projeto arquitetônico, a expressão avaliação pode possuir diferentes conotações. Segundo Kalay (2004, p.295), as interpretações do significado de avaliação vão desde o diagnóstico retrospectivo (no sentido de avaliação pós-ocupação de projetos concluídos), até a avaliação preditiva, com o objetivo de escolher um curso de ação que produzirá os resultados mais benéficos na fase do desenvolvimento e análise de um determinado projeto.

A avaliação é uma consequência direta e derivada da incerteza inerente ao processo de projeto. Como não existem fórmulas ou procedimentos que possam ser seguidos pelos projetistas que garantam que uma determinada solução de projeto atenderá aos objetivos e expectativas do projeto, o projeto é necessariamente um processo de tentativa e erro - as soluções são sintetizadas e seus desempenhos esperados são previstos e julgados comparando-os com os objetivos e restrições do projeto (KALAY, 2004).

Avaliação é o processo que realiza tais previsões e comparações e determina

se as soluções atendem aos objetivos e cumpram os objetivos, que não são cumpridos e fornecem informações sobre o que pode ser feito para melhorar o ajuste, modificando as soluções. Se o fizerem, a busca por uma solução estará encerrada. Caso contrário, a avaliação pode levar em conta as soluções, os objetivos ou ambos. Uma vez que o ajuste nunca é perfeito, sempre há desejos, expressos como características da solução que não foram levados em consideração pelos objetivos. O objetivo principal da avaliação, no contexto do projeto, é determinar se a solução é adequada (KALAY, 2004). Segundo Kalay (2004, p.296) o processo de avaliação pode ser compreendido por quatro fatores principais:

- a) Representação das soluções;
- b) Infinitude de objetivos e restrições;
- c) Necessidade de conhecimento especializado;
- d) Tempo elevado de duração do processo de projeto.

O primeiro fator refere-se à compreensão das soluções propostas, tais como: elementos geométricos, propriedades, materiais e demais parâmetros. Segundo Kalay (2004), a derivação de avaliações funcionais da representação física de um determinado projeto é propensa a erros, tendo em vista que se baseia em suposições e generalizações sobre os efeitos do ambiente físico sobre o comportamento de pessoas, além do fato de que esse fator depende do contexto, de maneira que a avaliação possa ser realizada considerando um conjunto específico de previsões e suposições.

O segundo fator concerne a infinitude de objetivos e restrições no qual devem alcançar e cumprir, por exemplo: orçamento, desempenho do edifício, espacialidade, acessibilidade, estética, funcionalidade, impacto ambiental, elementos estruturais, dentre outros objetivos específicos a serem avaliados. Segundo Kalay (2004, p.296), selecionar o conjunto "certo" de compromissos é uma questão de julgamento - o que parece ser "bom" de um ponto de vista pode não parecer de outro. Isso se deve às diferentes estruturas de crenças das partes envolvidas no processo de projeto. Os arquitetos, por exemplo, podem considerar a estética do edifício mais importante do que os engenheiros; os gerentes de construção podem considerar o processo de construção mais importante do que o produto acabado.

O terceiro fator tange a necessidade de conhecimento especializado de quem

irá realizar a avaliação de maneira multidisciplinar a depender do conjunto de objetivos estabelecidos para o processo de avaliação. Esse conhecimento não pode mais ser obtido por um único indivíduo, mas deve residir em um grande número de especialistas frequentemente dispersos. A avaliação, portanto, depende muito da comunicação entre especialistas. No entanto, esses especialistas nem sempre têm todos os fatos de que precisam para fazer sua avaliação e compensam a falta de informações fazendo suposições. As suposições feitas por um especialista podem não ser idênticas às feitas por outro especialista sobre a mesma informação faltante, devido a diferentes experiências profissionais e essência, avaliando diferentes conhecimentos de produtos. Isso inevitavelmente levará a erros porque os especialistas estão, em essência, avaliando produtos diferentes (KALAY, 2004).

O quarto e último fator, concerne ao tempo prolongado de duração de desenvolvimento de um determinado projeto (no caso de um projeto aeroportuário, dura meses a anos todo o processo de desenvolvimento, análise e aprovação do projeto junto aos órgãos competentes). Segundo Kalay (2004), durante esse tempo, as avaliações podem mudar em função da mudança dos objetivos, fazendo com que seja necessário adequar o processo de avaliação.

Kalay (2004, p.299) expõe que o processo de projeto compreende em três atividades principais que são realizadas de maneira interativa:

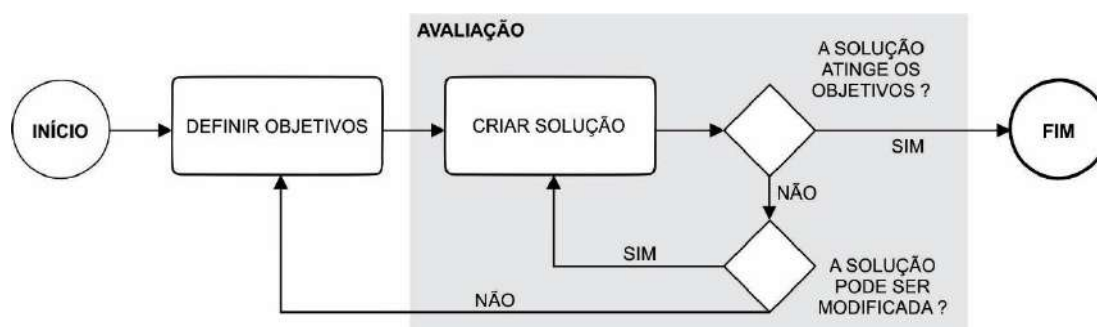
- I. **Analisar** o problema e desenvolver um conjunto de objetivos que a solução proposta deve alcançar, juntamente com uma lista de restrições pelas quais a solução deve obedecer;
- II. **Sintetizar** uma ou mais soluções que, com base na perspectiva do projetista irá atingir os objetivos e respeitar as restrições;
- III. **Prever e Avaliar** os vários desempenhos das soluções propostas para verificar se são consistentes entre si e se, quando concretizadas, atingirão os objetivos.

Segundo Kalay (2004, p.299), a avaliação é a “cola” que une os componentes da tríade apresentada acima. A avaliação revela quão bem a solução atinge os objetivos e quais efeitos colaterais e posteriores ela pode ter. Esta orienta o processo gerador para alcançar os objetivos declarados, descobre oportunidades que não eram aparentes no início do processo e indica compensações que devem ser feitas para melhorar a qualidade geral da solução.

Do ponto de vista do desenvolvimento de um projeto arquitetônico, o conjunto de objetivos a serem alcançados é relacionado tanto aos desejos das partes envolvidas no projeto (cliente, arquiteto, contexto cultural, contexto ambiental) assim como o conjunto de requisitos normativos a serem atendidos: manuais, normas, legislação local, dentre outros (ANDRADE, 2007). Esses objetivos sinalizam aos projetistas o caminho no qual o projeto deve seguir. Como conjuntos estruturados de requisitos ou restrições, por outro lado, o processo pelo qual as soluções são sintetizadas é intuitivo e indutivo. Este começa com a invenção ou adaptação do arquiteto, uma solução que parece ter características de desempenho que irão atingir os objetivos declarados, bem como outros atributos desejados (forma, custo, materiais e assim por diante). O desempenho esperado dessa solução inicial é previsto por meio de processos dedutivos e outros processos de raciocínio, que geram abstrações que podem ser avaliadas comparando-as com o comportamento desejado, conforme declarado pelos objetivos.

A avaliação resulta na modificação da solução e dos objetivos para superar conflitos irreconciliáveis e acomodar oportunidades emergentes que são descobertas à medida que o processo se desenrola, até que seja determinado o previsto (KALAY, 2004, p.302). A Figura 3 apresenta a estrutura iterativa do processo de avaliação.

Figura 3 - Estrutura iterativa do processo de avaliação



Fonte: Adaptado de Kalay (2004)

3.1.3 Processo de Avaliação em Projetos Aeroportuários

O desenvolvimento de um projeto arquitetônico aeroportuário demanda uma elevada complexidade devido a série de exigências e requisitos a serem atendidos na fase da concepção do projeto. A natureza desses requisitos a serem contemplados podem ser tanto de natureza estética quanto funcional (SILVESTRI,

2015).

O primeiro tipo refere-se ao conjunto e escopos mais significativos do empreendimento, bem como seus parâmetros incluindo elementos físicos, financeiros e cronograma. Já o segundo tipo, trata-se de elementos relacionados aos requisitos operacionais e funcionais dos clientes e agentes para o conjunto da obra (SILVESTRI, 2015).

O processo de avaliação de um projeto arquitetônico de um Terminal de Passageiros aeroportuário no Brasil, é viabilizado mediante a relação da fase de concepção e desenvolvimento do projeto e análise realizada por diversos órgãos competentes tais como: ANAC², INFRAERO³, SAC⁴ com ênfase na avaliação de requisitos funcionais, operacionais e espaciais do TPS.

Atualmente o processo de avaliação dos projetos aeroportuários ocorre de maneira analógica mediante a análise de documentos impressos (desenhos predominantemente bidimensionais 2D), em cada fase de projeto, ocorrem “Loopings” de avaliação (RIBEIRO, 2015) no qual a equipe de analistas dos órgãos competentes avalia se o conjunto de documentos submetidos atendem as premissas e requisitos normativos (normas, manuais, portarias) que norteiam o desenvolvimento do projeto.

No processo atual, os analistas necessitam visualizar todos os documentos submetidos pela equipe de projetistas individualmente visando identificar tanto as conformidades como as não conformidades contidas no projeto. Neste cenário, a equipe de projetistas desenvolve o Projeto Arquitetônico Aeroportuário e o submete a um processo de validação manual realizado pela equipe de analistas. Tais processos tendem a ser demorados (perdurando meses ou até anos). Além disso, os processos de avaliação são subjetivos nas análises, devido às diferentes perspectivas e expertises de conhecimento, específicos de cada analista no momento da análise (GUEDES; ANDRADE, 2020).

² Agência Nacional de Aviação Civil (agência reguladora federal responsável por normatizar e supervisionar a atividade de aviação civil no Brasil).

³ Empresa pública federal brasileira de administração indireta vinculada ao Ministério da Infraestrutura.

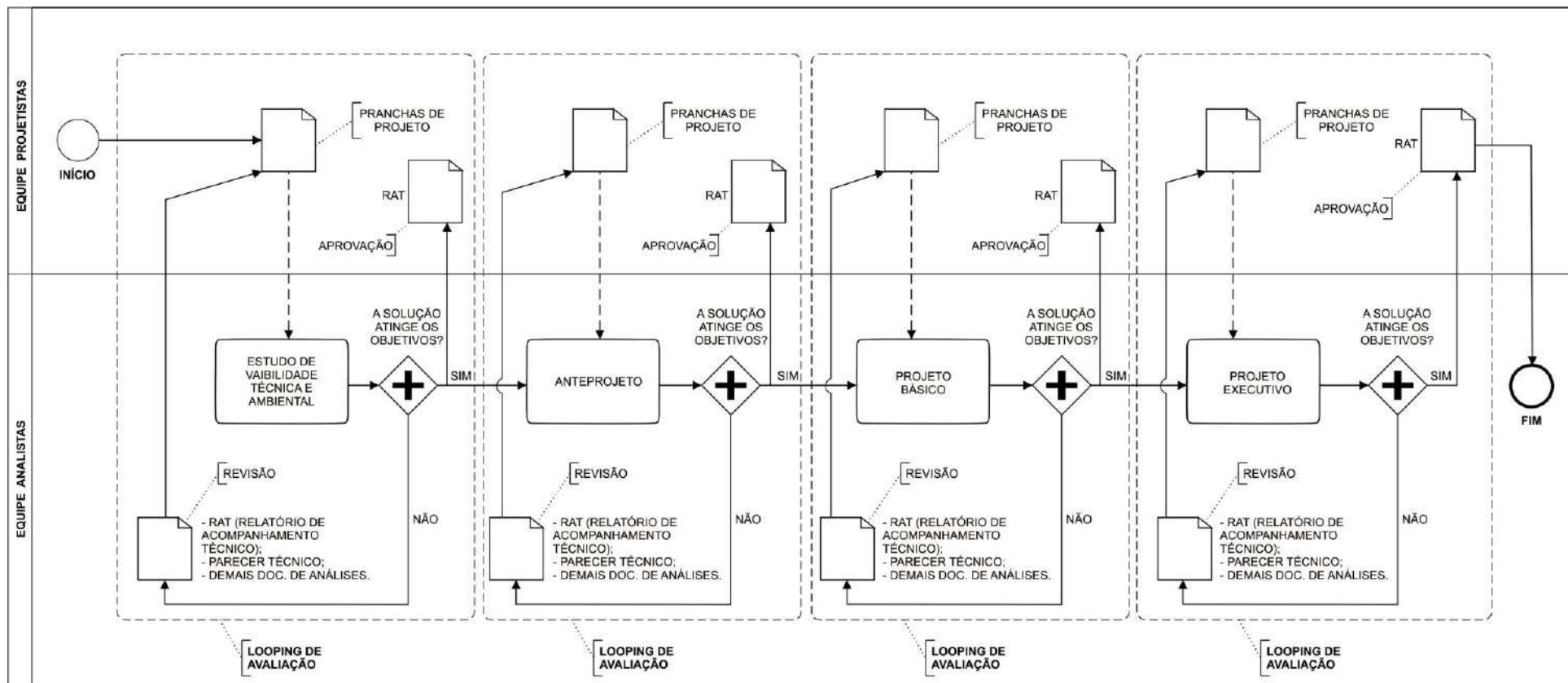
⁴ Secretaria Nacional de Aviação Civil vinculada ao Ministério da Infraestrutura.

A Figura 4 apresenta o mapa de processo baseado na situação atual de análise e aprovação dos projetos aeroportuários no qual a equipe de analistas de projeto aeroportuário recebe os documentos pertinentes ao projeto desenvolvido pela equipe de projetistas, realiza a análise e posteriormente emite o relatório de acompanhamento técnico (RAT) no caso da equipe de analistas da INFRAERO, e pareceres técnicos no caso da equipe de analistas da SAC.

Independente de que o projeto esteja na fase Estudo de Viabilidade Técnica e Ambiental (EVTA), Anteprojeto (AP), Projeto Básico (PB) ou Projeto Executivo (PE). As equipes de analistas emitem os documentos de análise com base em dois cenários, o primeiro quando o projeto atende todos os pré-requisitos estabelecidos (RAT ou pareceres de aprovação) e o segundo cenário quando a documentação entregue não atende todos os pré-requisitos estabelecidos (RAT ou pareceres de revisão).

Na medida que são emitidos RAT's ou pareceres de aprovação, é possível seguir para a etapa seguinte, na medida em que são emitidos RAT's ou pareceres de revisão, faz-se necessário que o projeto seja revisado, por exemplo, um projeto emitido pela equipe de projetista na fase de EVTA como R00 (emissão inicial) tendo um RAT de revisão, deverá ser revisado como R01 a fim de atender as solicitações realizadas pela equipe de analistas, caso a R01 atenda as solicitações, é emitida um RAT de aprovação e o projeto segue para a fase seguinte de Anteprojeto (AP).

Figura 4 - Mapa de processo (avaliação e aprovação de projetos)



Fonte: Adaptado de Ribeiro (2015)

Atualmente existe um conjunto de documentos padrões no qual a equipe de analistas de projetos da SAC avalia os projetos aeroportuários, são eles:

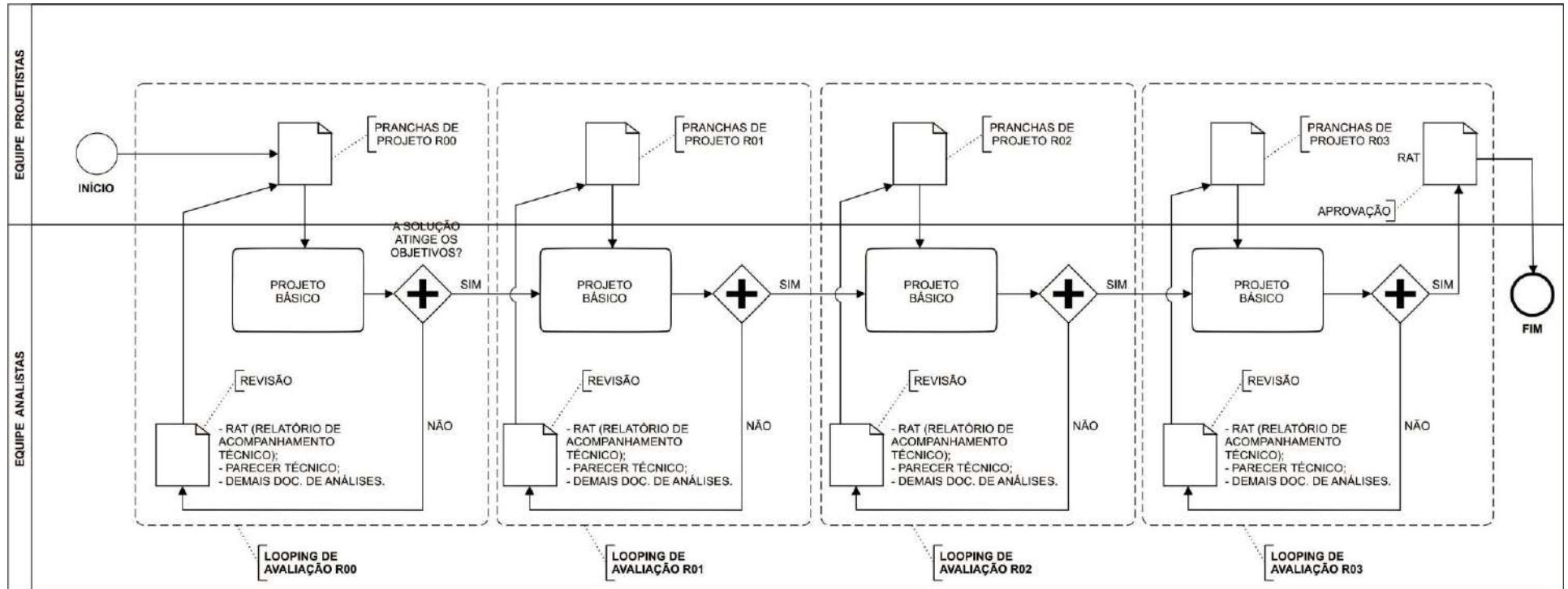
- a) Memorial Descritivo (MD);
- b) Especificações Técnicas Específicas (ETE);
- c) Planilha de Serviços e Quantidades (PQS)
- d) Memorial de Quantificação (MQS);
- e) Modelo BIM (BIM)
- f) Representações Gráficas (RG).

O MD tem por finalidade fornecer as informações necessárias referentes ao projeto, desde a conceituação projetual até as informações mais específicas, a ETE refere-se a normas e regulamentos específicos considerados para desenvolvimento do projeto. A PSQ e o MQS apresentam as quantidades e demais informações a respeito dos itens previstos no projeto. O modelo BIM refere-se ao modelo digital do aeroporto. As RG compreendem a documentação técnica do projeto (planta baixa, planta de situação e cobertura, cortes, fachadas, detalhes e ampliações). Todos esses documentos são submetidos para análise considerando todas as disciplinas, como por exemplo: arquitetura, estruturas, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, ar-condicionado.

Uma vez que o projeto aeroportuário é desenvolvido por um escritório especializado, este é submetido para os órgãos competentes como R00 (emissão inicial), através de arquivos abertos (.docx, .dwg,) e arquivos em formatos digitais (.pdf). É necessário que os arquivos em formato (.pdf) sejam todos impressos e assinados pelos respectivos responsáveis técnicos de cada disciplina de projeto. Mediante o envio de toda a documentação técnica junto aos respectivos documentos de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), inicia-se o processo de avaliação por parte da equipe de analistas de projetos aeroportuários.

Em alguns casos os “*Loopings*” de avaliação (RIBEIRO, 2015) podem ocorrer diversas vezes em uma única fase do projeto, quando um conjunto de documentos não atende os requisitos pré-estabelecidos a equipe de analista envia RAT’s no caso da INFRAERO, pareceres de revisão no caso da SAC para equipe de projetistas, até o momento em que a documentação atenda aos requisitos, onde é emitido RAT’s ou pareceres de aprovação sinalizando o atendimento (Figura 5).

Figura 5 - Processo de avaliação de projetos aeroportuários (situação atual)



Fonte: O autor (2022)

Por mais que os documentos sejam enviados em formato digital (.pdf), o processo de avaliação é realizado de maneira analógica. Por exemplo, se um determinado terminal de passageiros houver banheiros acessíveis, o analista deverá analisar prancha por prancha do projeto de cada banheiro avaliando se o projeto atendeu os pré-requisitos de acessibilidade da NBR 9050, I) verificar se os banheiros possuem área de giro mínima para manobra do cadeirante, II) verificar se os banheiros possuem barras de apoio próximas a bacia sanitária para apoio do cadeirante, III) verificar se possuem porta de 0,90m de largura com barra de apoio na horizontal, IV) se possuem bancada na altura exigida 0,78m a 0,80m de altura, V) se possuem barra de apoio ao lado do lavatório, dentre outros elementos que necessitam serem analisados, essas atividades demandam um elevado tempo de análise por parte dos analista de projeto arquitetônico aeroportuário.

Uma vez que os projetistas recebem RAT's ou pareceres técnicos de revisão, necessitam de um tempo para revisarem o projeto, nesse momento o tempo de espera passa a ser contabilizado pela equipe de analistas durante semanas ou meses até que a equipe de projetistas envie novamente o projeto revisado. O somatório desses tempos de esperas, em alguns casos chegam a ser maior que 12 meses, fazendo com que um projeto arquitetônico aeroportuário que foi desenvolvido em um determinado ano seja apenas aprovado no ano seguinte. Esses “loopings” de avaliação acabam tornando o processo mais demorado e demandando um gasto de energia e tempo elevado tanto por parte das equipes de projetistas quanto por parte das equipes de analistas.

Mediante o desenvolvimento desta subseção, foi possível compreender como acontece o processo de avaliação de projetos aeroportuários, assim como, poder entender a dinâmica de interação entre as equipes de projetistas de projeto arquitetônico aeroportuário e as equipes de analistas dos órgãos competentes. Um ponto importante a ser observado é o espaço de tempo que existe no momento do envio da documentação de um projeto arquitetônico aeroportuário por parte dos projetistas com o espaço de tempo em que a equipe de analistas recebe toda a documentação do projeto inicia a análise, nesse momento os projetistas necessitam aguardar semanas ou meses para receberem o resultado da avaliação

3.2 *Building Information Modeling (BIM)*

Esta seção aborda o aprofundamento teórico a respeito do BIM desde a sua conceituação até as suas características com relação a parametrização, colaboração, nível de desenvolvimento (LOD), usos do modelo BIM e interoperabilidade.

3.2.1 Conceituação

De acordo com Sacks *et al.* (2018, p.14), o *Building Information Modeling (BIM)*, em português, Modelagem da Informação da Construção é “...uma tecnologia de modelagem e conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. Segundo Succar (2009), o BIM refere-se a um conjunto de políticas, processos e tecnologias que interagem, gerando uma metodologia para gerenciar os dados essenciais do projeto de construção e do projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício. Até a era pré-BIM, a concepção e desenvolvimento do projeto de arquitetura eram realizados por meio de um exercício mental que gerava várias concepções espaciais e as avaliava de forma intuitiva, baseada no conhecimento do projetista e na experiência acumulada, Eastman (2009).

Com as tecnologias que suportam o BIM, especificamente a interoperabilidade e modelagem paramétrica, é possível verificar se o modelo de construção (protótipo virtual do edifício apresentado pelo arquiteto) possui objetos corretos, convenções, proporções e outras estruturas necessárias para avaliação completa.

Nas definições de Sacks *et al.* (2018), modelos de construção são categorizados por diversos tópicos, dentre eles: capacidade de construir componentes que são representados por representações digitais (objetos) que carregam atributos gráficos e dados computáveis que identificam para os softwares, bem como regras paramétricas, que possibilitam a manipulação do modelo digital de forma inteligente, contendo componentes que incluem dados que descrevem como se dá o seu comportamento, possibilitando diversos tipos de verificações tais como, extração de quantidades, especificações e análise de energia, de forma que as alterações nos dados do componente sejam representadas em todas as visualizações assim como no processo de montagem da qual determinado

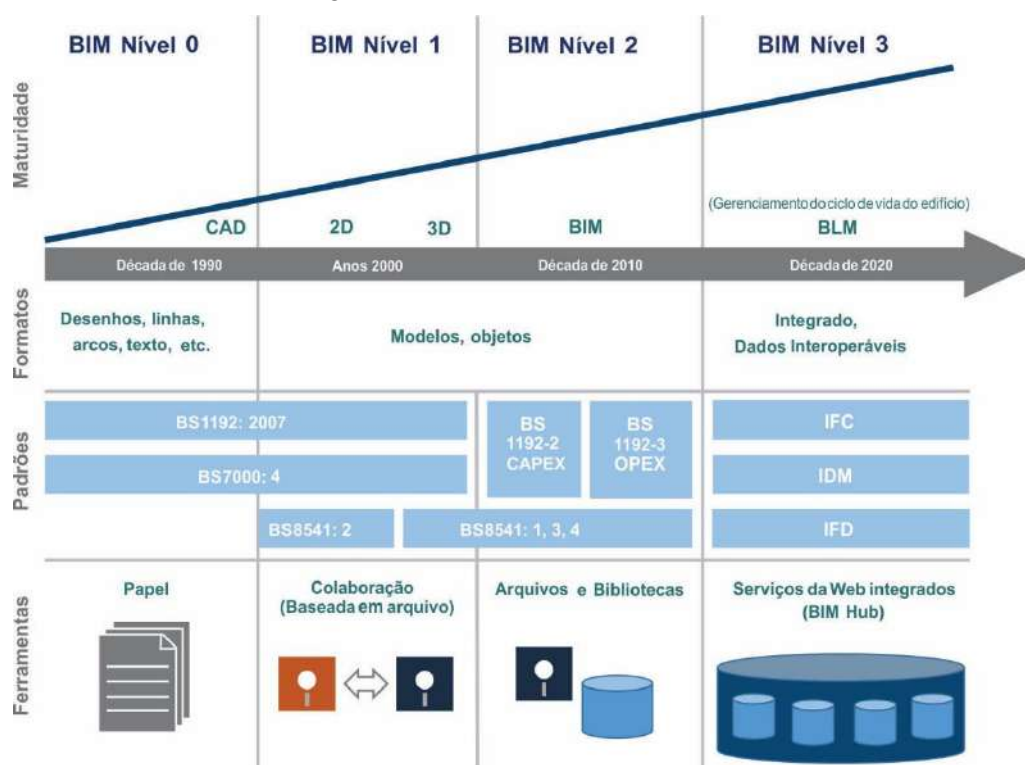
componente faz parte. Segundo a *National Building Information Modeling Standard* (NIBS) o BIM refere-se a um processo de planejamento, projeto, construção, operação e manutenção aprimorado utilizando modelo de informação legível por máquina de forma padronizada para cada instalação, nova ou antiga, contendo todas as informações apropriadas criadas ou coletadas sobre essa instalação em um formato utilizável por todos ao longo de seu ciclo de vida (NIBS, 2008), sendo categorizado de três maneiras:

- Como um produto;
- Como um produto habilitado para T.I (Tecnologia da Informação) baseado em padrões abertos e colaborativo;
- Como um requisito de gestão do ciclo de vida da instalação.

Essas três categorias dão suporte a criação da cadeia de valor da informação da indústria da construção. As metodologias abordadas pela NIBS estão referenciadas pela *buildingSMART* Internacional, órgão mundial da indústria que conduz a transformação digital do setor AECO, fornecendo melhorias para a criação e adoção de padrões e soluções internacionais abertos para a infraestrutura e edifícios (NIBS, 2008).

Segundo Bew e Richards (2014), através da progressão dos níveis de maturidade estabelecidos desde o nível 0 que compreende a era pré-BIM com sistemas *Computer-aided Architectural Design* (CAAD). No nível 1, iniciado em meados dos anos 2000 quando ocorreu a transição de desenhos bidimensionais para modelos tridimensionais 3D ancorado através de um ambiente comum de dados (CDE). No nível 2 caracterizado pela ênfase no trabalho colaborativo, através de formato de arquivo comum, possibilitando a combinação dos diferentes dados atribuídos ao modelo digital criando um modelo BIM federado, no qual o vincula vários modelos mono-disciplinares e o nível 3 no qual representa a colaboração total entre todas as disciplinas por meio do uso de um único modelo de projeto compartilhado que é mantido em um repositório centralizado (Figura 6).

Figura 6 - Modelo de maturidade BIM



Fonte: Adaptado de Bew e Richards (2014)

3.2.2 Parametrização

Uma das características do BIM é a possibilidade de produzir modelos de construção contendo objetos paramétricos viabilizados através das Plataformas BIM. Os objetos paramétricos podem ser definidos por possuir características como:

- Conter definições geométricas, dados e regras associados;
- Possuir geometria integrada, não redundantemente, não permitindo inconsistências;
- Dispor de regras paramétricas para modificar geometrias associadas automaticamente;
- Possibilitar a criação de objetos em diferentes níveis de agregação;
- Conter regras nos objetos que identifiquem quando uma determinada mudança afete o objeto;
- Ter objetos com a capacidade de vincular ou receber, transmitir ou exportar conjuntos de atributos para outras aplicações e modelos.

3.2.3 Colaboração

Outra característica do BIM é o suporte para a colaboração de equipe de projetos, de maneira que as interfaces abertas permitam a importação de dados relevantes (para criar e ditar um projeto) e a exportação de dados em vários formatos (para suportar a integração com outros aplicativos e fluxos de trabalho integrados por quatro abordagens principais, I) permanecer dentro dos produtos de um fornecedor de software, II) utilizar software de fornecedores que colaboraram para fornecer troca de arquivo por meio da Interface de Aplicativo de Programação (API) de um ou ambos os pares de aplicativos utilizando o formato de arquivo proprietário de um dos fornecedores, III) para utilizar softwares de vários fornecedores que podem trocar dados usando padrões abertos de toda a indústria, principalmente o esquema *Industry Foundation Classes* (IFC) ou IV) modelo de troca de dados com base em servidor por meio de um sistema de gerenciamento de banco de dados (SACKS *et al.*, 2018).

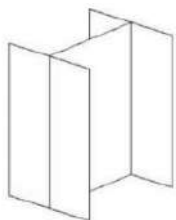
3.2.4 Nível de Desenvolvimento (LOD)

O Nível de Desenvolvimento (*Level of Development*) é o grau em que a geometria do elemento e as informações anexadas foram identificadas como necessárias e suficientes pelos membros da equipe do projeto para executar as tarefas necessárias ao usar o modelo BIM. Por outro lado, o nível de detalhe (*Level Of Detail*) é simplesmente quantos detalhes são incluídos nos objetos do modelo. Em termos de terminologia, o nível de detalhe pode ser considerado uma entrada para o elemento, enquanto o nível de desenvolvimento define resultados confiáveis do modelo (NAWARI, 2018), no momento atual no Brasil, está em desenvolvimento a tradução da norma ISO 19650, no qual o LOD está sendo interpretado como Nível Necessário de Informação (*Level of Information Need*).

Algumas instituições estabeleceram descrições a respeito da expressão LOD, sendo algumas delas mais relacionadas ao nível de detalhamento dos elementos geométricos compostos no modelo digital, e outras relacionando a questão do nível de desenvolvimento do modelo com relação às propriedades e parâmetros contidos no modelo. Para o *American Institute of Architects* (AIA) o LOD é interpretado como “os dados dimensionais, espaciais, quantitativos, qualitativos e outros mínimos

incluídos em um elemento de modelo para apoiar os usos autorizados associados ao LOD” (AIA, 2013). Outra instituição que desenvolveu esforços relacionados à interpretação da expressão LOD foi o BIMForum. Esta organização, descreve textualmente e ilustra as características de objetos de modelo de diferentes sistemas de construção em diferentes LODs, com o intuito de auxiliar a explicar a estrutura do LOD e padronizar seu uso como uma ferramenta de comunicação. De acordo com AIA G202 (2013), existem cinco níveis de desenvolvimento sendo: LOD 100, 200, 300, 400 e 500. O BIMforum adicionou o LOD 350, totalizando seis níveis de desenvolvimento, descritos mais detalhadamente na Tabela 5.

Tabela 5 – Níveis de Desenvolvimento (LOD)

Níveis de desenvolvimento (LOD)	Breve Descrição	Usos Previstos
LOD 100 	O elemento do modelo pode ser representado graficamente no modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos do LOD 200.	- Análise - Estimativa de Custos - Cronograma
LOD 200 	O elemento do modelo é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou montagem genérica tais como: quantidades, tamanho, forma, localização e orientação de maneira aproximada.	- Análise - Estimativa de Custos - Cronograma - Coordenação
LOD 300 	O elemento do modelo é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação.	- Análise - Estimativa de Custos - Cronograma - Coordenação
LOD 350	O elemento do modelo é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho,	- Análise - Estimativa de Custos - Cronograma



forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas de construção.

- Coordenação

LOD 400



O elemento do modelo é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade, e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação.

- Análise
- Estimativa de Custos
- Cronograma
- Coordenação

LOD 500

O elemento do modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento modelo, pode-se entender que este tipo de LOD equivale ao As-built, ou seja, o modelo servirá para fins de gestão, manutenção e operação da edificação ou sistema

- Análise
- Estimativa de Custos
- Cronograma
- Coordenação

Fonte: O autor (2022)

LOD e Code Checking

Quando se trata de propor o uso de *Code Checking*, se faz necessário especificar qual nível de desenvolvimento (LOD) será considerado, tendo em vista que a verificação automatizada de regras demanda de dados e funções com necessidades amplamente variadas de modelos não cobertos adequadamente nos LODs existentes (NAWARI, 2018). O domínio de conformidade de código automatizado representa um novo nível de detalhes e requisitos para modelos IFC. Isso deve ser alcançado através do desenvolvimento de Manual de Entrega de Informações (IDM) apropriados (ISO 29481-1 e ISO 29481-2) e Definições de Visualização do Modelo (MVD) para viabilizar a verificação automática de conformidade de código (NAWARI, 2018).

Um ponto importante é que os modelos de construção de projetos aeroportuários a serem avaliados pelas equipes de analistas de projetos (INFRAERO, SAC, etc.) contenham informações mínimas necessárias para

possibilitar a verificação automatizada de regras, assim como, para que a equipe de analistas de projetos aeroportuários, possam estabelecer conjuntos de requisitos a serem verificados em softwares de análise, visando validar ou não o atendimento aos critérios pré-estabelecidos.

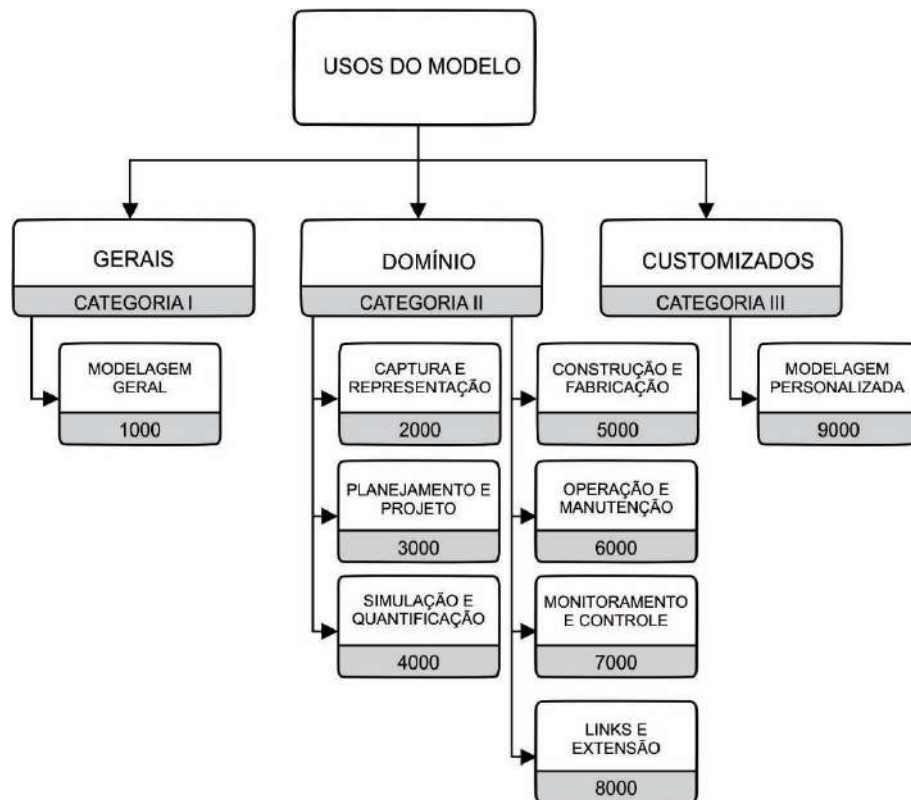
3.2.5 Usos do Modelo BIM

Succar *et al.* (2016) estabeleceram os principais tipos de uso da informação baseados em informações baseadas no modelo, informações baseadas nos documentos e informações baseadas nos dados. A primeira categoria refere-se às informações coletadas nos modelos para fins funcionais. A segunda refere-se às informações coletadas em documentos. A terceira trata dos dados do projeto. Com base em seis princípios: precisão da representação, flexibilidade de uso, clareza, coerência, extensibilidade e codificação mínima, Succar *et al.* (2016) conceberam uma taxonomia de Usos do Modelo incluindo três categorias:

- a) Categoria I (Usos gerais do modelo)
- b) Categoria II (Usos de domínio do modelo)
- c) Categoria III (Usos personalizado do modelo)

A categoria I representa as informações de projetos modelados aplicáveis em vários domínios de conhecimento, setores e sistemas de informação, agrupando os usos gerais de modelo em uma única série denominada modelagem geral (1000-1990). A categoria II representa as informações de modelagem de projeto específica da indústria da construção, dividida em sete séries: captura e representação (2000-2990), planejamento e projeto (3000-3990), simulação e quantificação (4000-4990), construção e fabricação (5000-5990), operação e manutenção (6000-6990), monitoramento e controle (7000-7990), vinculação e extensão (8000-8990), já a categoria III representa uma mistura de usos gerais e usos de domínio (Figura 7) originando um uso personalizado agrupados em uma única série intitulada modelagem personalizada (9000-9990).

Figura 7 - Taxonomia de Usos do Modelo



Fonte: Adaptado de Succar (2016)

Tendo em vista a variedade de possíveis usos do modelo na categoria II, o autor desenvolveu uma tabela listando os 72 usos possíveis do modelo de domínio, tendo o uso associado a *Code Cheking e Validation* (código 4050) situado na série 4000-4990 referente a Simulação e Quantificação conforme apresentado na Figura 8.

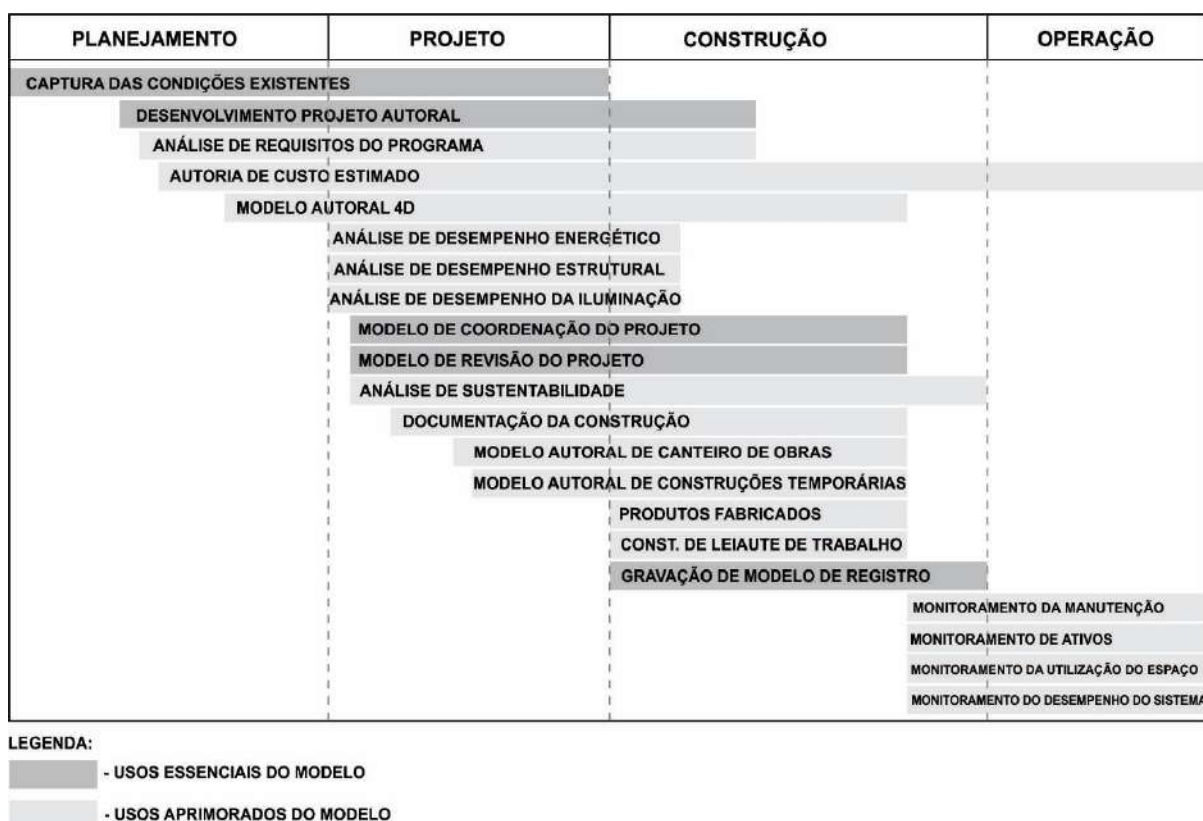
Figura 8 - Listas de Usos de Domínio do Modelo

	CÓDIGO	USOS DO MODELO	CÓDIGO	USOS DO MODELO
CAPTURA E REPRESENTAÇÃO 2000 - 2990	Série 2: <i>sinônimos não listados</i>			
	2010	Documentação 2D	2060	Fotogrametria
	2020	Detalhamento 3D	2070	Manutenção de registros
	2030	Representação As-Construída	2080	Topografia
	2040	Design Generativo	2090	Comunicação visual
PLANEJAMENTO E PROJETO 3000 - 3990	2050	Digitalização a Laser		
	Série 3: <i>sinônimos não listados</i>			
	3010	Conceituação	3070	Planejamento de Levantamento
	3020	Planejamento de Construção	3080	Planejamento de Operações
	3030	Planejamento de Demolição	3090	Seleção e Especificação
	3040	Projeto Autoral	3100	Programação Espacial
SIMULAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO 4000 - 4990	3050	Planejamento de Desastres	3120	Planejamento urbano
	3060	Análise de Processo Enxuto	3130	Análise de valor
	Série 4: <i>sinônimos não listados</i>			
	4010	Análise de Acessibilidade	4140	Análise de Refletividade
	4020	Análise Acústica	4150	Avaliação de risco e perigo
	4030	Simulação de Realidade Aumentada	4160	Análise de prevenção
	4040	Deteção de Conflitos	4170	Análise de segurança
	4050	Verificação e Validação de Código	4180	Análise do Local
	4060	Análise de Construtibilidade	4190	Análise Solar
	4070	Estimativa de custo	4200	Análise espacial
	4080	Análise de saída e entrada	4210	Análise estrutural
	4090	Uso de Energia	4220	Análise de Sustentabilidade
	4100	Análise de elementos finitos	4230	Análise térmica
	4110	Simulação de fogo e fumaça	4240	Simulação de Realidade Virtual
CONSTRUÇÃO E FABRICAÇÃO 5000 - 5990	4120	Análise de Iluminação	4250	Análise modular completa
	4130	Levantamento de Quantidades	4260	Estudos de Vento
	Série 5: <i>sinônimos não listados</i>			
	5010	Impressão 3D	5050	Logística de construção
	5020	Módulos de Arquitetura Pré-fabricação	5060	Conjuntos Mecânicos Pré-fabricação
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO 6000 - 6990	5030	Pré-fabricação de caixas	5070	Moldagem de Chapa metálica
	5040	Concreto Pré-moldado	5080	Configurações do Local
	Série 6: <i>sinônimos não listados</i>			
	6010	Manutenção de Ativos	6050	Transferência e Comissionamento
MONITORAMENTO E CONTROLE 7000 - 7990	6020	Aquisição de ativos	6060	Gestão de Relocação
	6030	Acompanhamento de bens	6070	Gestão de Espaço
	6040	Inspeção de Edifícios		
	Série 7: <i>sinônimos não listados</i>			
LINKS E EXTENSÃO 8000 - 8990	7010	Automação Predial	7030	Monitoramento de Desempenho
	7020	Campo BIM	7040	Utilização em tempo real
	Série 8: <i>sinônimos não listados</i>			
	8010	BIM / Links Especiais	8050	Interface BIM / IOT
	8020	BIM / Links ERP	8060	Sobreposição BIM / PLM
	8030	BIM / Integração FM	8070	BIM / Serviços Web
	8040	Sobreposição BIM / GIS		

Fonte: Adaptado de Succar (2016)

Ainda com relação aos usos do modelo BIM, Messner *et al.* (2020) publicaram a terceira versão do BIM *Project Execution Planning Guide*, versão 3.0. pela Pennsylvania State University em que estabelecem os usos do modelo BIM mediante a fase do projeto, esses usos foram concebidos mediante entrevistas com especialistas do setor, análise de estudo de caso, revisão de literatura, etc. Ao todo são 21 usos divididos em dois grupos e categorizados em quatro etapas (Figura 9).

Figura 9 - Usos do modelo BIM por fase de projeto



Fonte: Adaptado de Messner *et al* (2021)

De acordo com as bibliografias apresentadas conclui-se que o uso destinado a verificação automatizada de regras foi localizado na série de Simulação e Quantificação Succar *et al.* (2016). Já com relação a proposição de usos do modelo BIM proposto por Messner *et al.* (2020), apesar do uso de CC não aparecer na lista de usos essenciais / usos aprimorados do modelo, subtemde-se que este uso estaria mais associado a fase de planejamento e desenvolvimento do projeto mais especificamente na categoria de usos aprimorados do modelo relacionado a análise de requisitos do programa.

3.2.6 Interoperabilidade

A interoperabilidade tem se baseado tradicionalmente em formatos de troca relacionados a geometria, tais como: DXF (*Drawing eXchange Format*), IGES (*Initial Graphic Exchange Specification*), *Industry Foundation Classes* (IFC), *CIMsteel Integration Standard Version 2* (CIS/2), além de modelos baseados em XML e OpenGIS, dentre outros formatos. Diferentes modelos de dados de produtos

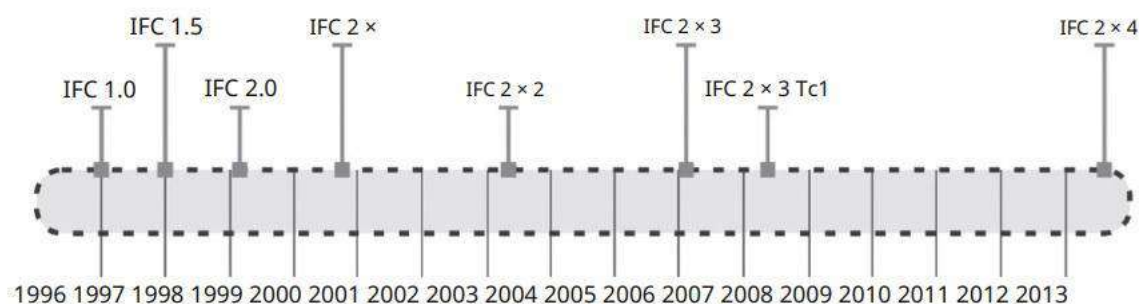
representam diferentes tipos de geometria, relações, processos e materiais, desempenho, fabricação e outras propriedades necessárias para diferentes domínios. Estes, entretanto, incluem definições sobrepostas ou diferentes definições dos mesmos objetos (SACKS *et al.* 2018).

Para isso, a buildingSMART desenvolveu as estruturas do *Information Delivery Manual / Model View Definition* (buildingSMART, 2013) com o intuito de reduzir o espaço para interpretação e facilitar a implementação de estudos de casos em áreas de aplicativos específicas. O *Information Delivery Manual* (IDM) é um método usado para descrever de forma consistente os processos BIM (ISO 29481-1). A estrutura predefinida do IDM e os métodos uniformes para apresentação de modelos de processos permitem que os usuários desenvolvam, concordem e documentem com precisão seus processos BIM. A partir dos dados definidos no IDM, um *Model View Definition* (MVD) define os sub-elementos específicos do modelo geral de dados da IFC que podem suportar os requisitos específicos de troca de dados (STEINMANN, 2018). Ou seja, um MVD é uma recomendação para quais dados e elementos o modelo IFC deve incluir, dependendo da finalidade da troca do modelo. Como exemplos de MVD, estão o *Coordination View 2.0*, *FM Handover View*, *Structural Analysis View*, dentre outros.

Industry Foundation Classes (IFC)

De acordo com a buildingSMART, o *Industry Foundation Classes* é uma descrição digital padronizada do ambiente construído. Trata-se de um padrão internacional aberto (ISO 16739-1: 2018), projetado para ser neutro ou independente do fornecedor e usado em uma ampla gama de dispositivos de hardware, plataformas de software e interfaces para muitos casos de uso diferentes. O esquema IFC é definido como um modelo de dados padronizado que codifica logicamente a identidade e a semântica (nome, identificador, tipo de objeto etc.); as características ou atributos (material, cor, propriedades); relacionamentos (locais, conexões); objetos (colunas, lajes, vigas); conceitos abstratos (desempenho, custo); processos (instalações); operações e pessoas (empresas, designers, contratados, fornecedores) (buildingSMART, 2021b). A Figura 10 apresenta a cronologia das versões IFC ao longo dos anos.

Figura 10 - Cronologia de evolução das versões IFC



Fonte: (NAWARI, 2018)

Segundo Nawari (2018), o IFC é um banco de dados de alto nível que se destina a ser independente de qualquer implementação de software e que deve ser estritamente neutro. Este oferece uma estrutura de dados consistente para armazenar informações de construção, mas não impõe, nem mesmo permite, qualquer método específico de implementá-lo em um aplicativo de software. O esquema IFC é usado para trocar informações de uma parte para outra em uma transação comercial específica. Devido à riqueza de informações que podem ser encapsuladas em atributos, propriedades e geometrias ao longo do ciclo de vida de um edifício e seu ambiente, a quantidade de dados do IFC é muito grande. Para evitar a dificuldade de transferir informações em um modelo IFC, é importante definir meios uniformes e padrões de especificação de conteúdo a serem usados nos estágios do ciclo de vida do edifício. Assim, é importante estabelecer que informação deve ser entregue, por quem, quando e para qual destinatário (BOORMANN, *et al.* 2018).

Para possibilitar o intercâmbio de informações entre diferentes modelos BIM, de acordo com Sacks *et al.* (2018), existem três tipos de formatos para trocas de dados entre aplicativos BIM:

- a) Link direto;
- b) Formato de troca proprietário;
- c) Formatos de arquivo de troca de domínio público.

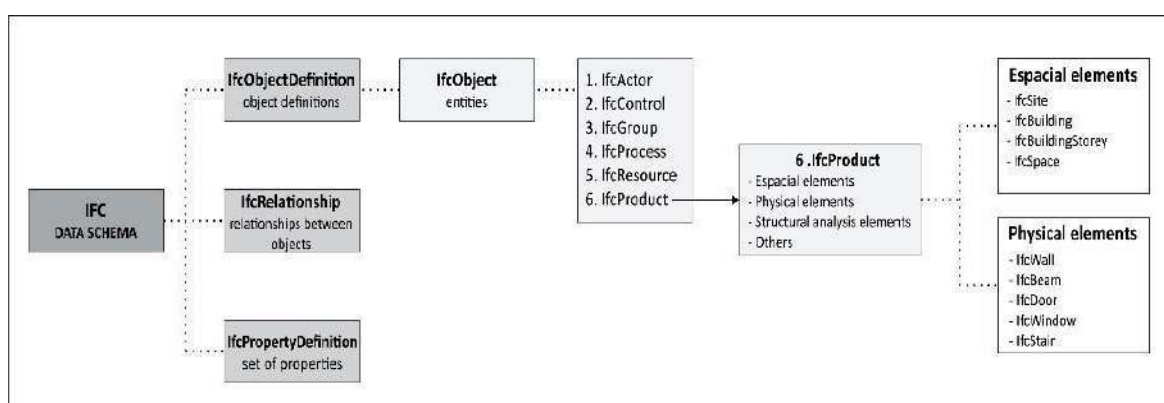
O primeiro tipo refere-se à ligação entre dois aplicativos por meio de uma Interface de Programação de Aplicativo (API) de um sistema podendo ser implantado quando um modelo de dados não está maduro o suficiente para suportar a troca de dados entre dois aplicativos.

O segundo trata-se de um método destinado a trocar dados por meio de um arquivo de modelo usando um formato de troca de proprietário ou um formato padrão aberto. Um formato de troca proprietário é um esquema de dados desenvolvido por uma organização comercial para fazer interface com o aplicativo dessa empresa, exemplo: DXF, RVT (Autodesk), PLN (Archicad), DGN (Bentley), já com relação a troca de dados em um formato padrão aberto, envolve o uso de um esquema aberto e gerenciado publicamente, exemplo: IFC e CIS/2.

O terceiro tipo, trata-se de um método para trocas de dados por meio de um sistema de gerenciamento de banco de dados (DBMS), referido como servidor de modelo, servidor BIM, servidor IFC, repositório de dados, repositório de dados do produto ou Ambiente Comum de Dados (CDE). Esse tipo geralmente é estruturado com base em modelos de dados padrão aberto, como o IFC ou CIS/2 visando fornecer um ambiente comum de dados, alguns exemplos de CDE são: IFC (IMSvr), CIS2SQL da Georgia Tech, US (You *et al.*, 2004), Eurostep (EMS), Express Data Manager Server (EDMServer), Open Source, BIMserver, BIMSync, dentre outros.

Devido à riqueza de informações que podem ser encapsuladas em atributos, propriedades e geometrias ao longo do ciclo de vida de um edifício e seu ambiente, a quantidade de dados IFC é muito grande, a Figura 11 apresenta um exemplo de esquema IFC com as suas respectivas classes.

Figura 11 - Esquema IFC simplificado demonstrando parte das classes de hierarquia



Fonte: Guedes *et al.*(2021b)

Para evitar a dificuldade de transferência de informações em um modelo IFC, é importante definir meios uniformes e padrões de especificação de conteúdo a serem usados nas etapas do ciclo de vida do edifício. Assim, é importante estabelecer quais informações devem ser entregues, por quem, quando e para qual destinatário (GUEDES; ANDRADE, 2020).

Information Delivery Manual (IDM)

O *Information Delivery Manual* (IDM), em português, Manual de Entrega de Informações, é um método criado pela buildingSMART (2013) destinado para descrever consistentemente os processos BIM (IDM, ISO 29481-1). A estrutura IDM predefinida e os métodos uniformes para a apresentação de modelos de processo permitem que os usuários desenvolvam, concordem e documentem com precisão seus processos BIM.

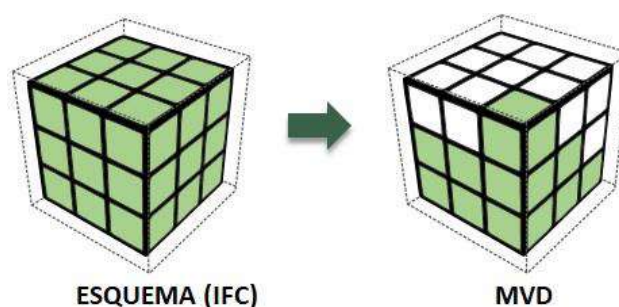
O IDM é compreendido pelo mapa do processo, responsável por definir os processos dos usuários final e a interoperabilidade entre os diversos modelos e pela lista de requisitos de troca (EIRs) entre os diferentes grupos, sejam: arquitetos e engenheiros, arquitetos e empreiteiros, engenheiros e fornecedores, dentre outros.

A estrutura dos EIRs é constituída por aspectos técnicos, aspectos gerenciais e aspectos comerciais das informações solicitadas. Estas informações incluem, por exemplo: especificações de softwares, formato de troca, nível de detalhe para o modelo BIM, responsabilidade e segurança de cada atividade, funções, dentre outros (JEON; LEE, 2018).

Model View Definition (MVD)

A partir dos dados definidos no IDM, um *Model View Definition* (MVD), em português, Definição de Visualização do Modelo define os sub elementos específicos do modelo de dados IFC geral que pode suportar os requisitos específicos de troca de dados (STEINMANN *et al.*, 2018). A Figura 12 apresenta conceitualmente a maneira em que um conjunto de dados é extraído do esquema IFC baseado em um MVD.

Figura 12 - Esquema MVD



Fonte: O autor (2022)

Ou seja, um MVD é uma recomendação para quais dados e elementos o modelo IFC

deve incluir, dependendo da finalidade da troca do modelo. Como exemplo de MVD pode-se citar: *Coordination View 2.0*, *FM Handover View* e o *Structural Analysis Views*.

Information Delivery Specification (IdS)

Uma Especificação de Entrega de Informações (IdS) é um documento interpretável por computador que define os requisitos de troca de informação baseada em modelo. Ele define como objetos, classificações, propriedades e até mesmo valores e unidades precisam ser entregues e trocados. Pode ser uma combinação de *Industry Foundation Classes (IFC)*, *Domain Extensions* e classificações e propriedades adicionais (acordos nacionais ou específicos da empresa; armazenados no *buildingSMART Data Dictionary - bSDD* ou em outro lugar).

Trata-se de um padrão a ser usado para definir o nível de necessidade de informação. Traz validação de IFC para o cliente, o modelador e as ferramentas de software que realizam análises (automatizadas). Trata-se de um componente central que pode ser usado como um contrato para fornecer as informações corretas. Ele possui a capacidade de criar requisitos localizados e específicos de caso de uso para seus projetos e portfólio de ativos. O IdS é a solução para fluxos de trabalho de troca de dados previsíveis e confiáveis, com base na buildingSMART (2021), um IdS é capaz de:

- Definir requisitos de nível de instância;
- Se conectar a conceitos, propriedades e domínios do bSDD;
- Especificar propriedades e classificações específicas;
- Ser legível por uma máquina a fim de ser utilizado nas ferramentas de autoria visando facilitar a usabilidade dos usuários, validando, corrigindo o mapeamento de dados internos para a saída desejada;
- Interpretável por um computador visando permitir a validação automática do IFC em relação aos requisitos;
- Baseado em tecnologias padrão da indústria;

- Ser extensível.

Mediante a compreensão desse tópico abordando os conceitos atrelados a Modelagem da Informação da Construção, foi possível perceber que, para que seja viabilizado o uso do modelo BIM com ênfase na verificação automatizada de regras é importante que os processos e políticas contemplem as necessidades associadas ao uso de CC tendo em vista que este uso demanda que o modelo BIM possua um LOD adequado para fins de verificação dos requisitos, assim como, requer a utilização de softwares / sistemas específicos que viabilizem a verificação automatizada de regras.

3.3 Verificação Automatizada de Regras (*Code Checking e Validation*)

Esta subseção aborda um aprofundamento teórico a respeito da verificação automatizada de regras, abrangendo o conceito, os sistemas que realizam a verificação automatizada, as linguagens utilizadas, assim como, a RSL a respeito de *Code Checking e Validation*.

3.3.1 Conceituação

O uso do BIM vinculado a Verificação automatizada de regras é denominado de *Code Checking* (CC). De acordo com Eastman, *et al.* (2009), CC é definido como um processo de avaliação de relacionamentos ou atributos de projeto com base em suas configurações de objetos. O BIM combinado com CC pode possibilitar um novo cenário para os analistas de Projetos Aeroportuários automatizarem o processo de avaliação, reduzindo o tempo de análise e aumentando a eficiência em relação ao processo de validação tradicional.

Benning *et al.* (2010) classificam a detecção automática de interferências baseando-se na geometria (*clash detection*) e na verificação de códigos (*code checking*). Segundo os autores, o primeiro tipo consiste no processo de verificação cruzada entre as especialidades para a descoberta de cruzamento entre elementos geométricos 3D. Já o segundo, refere-se verificação automatizada baseadas em códigos, com o intuito de validar o cumprimento de normas legais, regulamentos e de outros conjuntos de requisitos (*codes*).

Segundo Eastman *et al.* (2009), a verificação de requisitos pode ser utilizada a partir de uma aplicação desenvolvida para funcionar em outra plataforma, como um plug-in, permitindo a verificação em qualquer momento, como um software de computador, paralelo ao software de projeto ou como aplicativo baseado na web, que aceita o projeto derivado de diversas plataformas.

Solihin e Eastman (2015) distinguiram quatro classes gerais de regras baseadas no uso do BIM associado ao *Code Checking*, sendo:

- classe 01 - regras que requerem um único ou um pequeno número de dados explícitos;
- classe 02 - regras que requerem valores de atributos derivados simples;
- classe 03 - regras que requerem estrutura de dados estendida;
- classe 04 - regras que requerem uma “prova de solução”

Segundo Eastman *et al.* (2009) o processo de Verificação automatizada de regras é delineado a partir de quatro etapas: I) interpretação das regras e sua estruturação lógica de regras para sua aplicação, II) preparação do modelo de construção. Nesta etapa, é feita a organização do modelo BIM para viabilizar a Verificação automatizada de regras, contendo as propriedades mínimas necessárias para uso de CC, III) fase de execução da regra, onde é realizada a verificação automatizada de regras através dos três tipos de usos propostos por Eastman *et al.* (2009) e IV) relato dos resultados do processo de verificação automatizada.

3.3.2 Sistemas de Verificação Automatizada de Regras

Atualmente existe uma série de softwares concebidos para viabilizar o uso de *Code Checking e Validation* (SUCCAR, 2016) visando automatizar o processo de verificação e análise de diferentes projetos, tendo algumas características específicas, como: capacidade de automatizar o processo de verificação de projeto, flexibilidade em modelar informações de projeto, flexibilidade em sistematizar códigos de construção e conhecimento de domínio, capacidade de fornecer sistemas de relatórios amigáveis e visualização 3D considerando a capacidade de integração com outros aplicativos.

Atualmente os sistemas que suportam a atividade de validação de projetos aeroportuários no Brasil são concebidos por meio de modelos CAD Descritivo (OXMAN, 2006). Nestes modelos os projetistas pensam numa solução de projeto,

representam essa solução usando uma prancheta eletrônica ou uma Plataforma BIM, avaliam as soluções de maneira analógica, a partir das suas bases de conhecimento, geram um conjunto de documentos técnicos do projeto (representações gráficas) e posteriormente são submetidos para um processo de avaliação pelos analistas de projetos aeroportuário. Essa avaliação também acontece de maneira analógica, com base nas experiências dos analistas e suas visões pessoais.

Sistema CORENET e-Submission System - Singapura

O termo CORENET refere-se à Rede de Construção e Imobiliária. É uma iniciativa de tecnologia da informação (TI) iniciada em 1995 pelo Ministério de Desenvolvimento Nacional de Singapura para avançar o setor de construção e imobiliário no novo milênio por meio da reengenharia de processos de negócios com sistemas de informação avançados para aumentar o tempo de resposta, produtividade e qualidade. Este também visa vários negócios no setor de construção e imobiliário para colaborar e trocar informações de forma perfeita e eficiente. O CORENET está sendo empregado pelo Ministério de Desenvolvimento Nacional de Singapura em parceria com várias outras agências públicas e privadas (NAWARI, 2018).

CORENET *e-Submission* é um sistema baseado na Internet que permite aos profissionais do setor AECO enviarem documentos de construção relacionados ao projeto às autoridades regulatórias para diferentes tipos de aprovações, como aprovações de planejamento, aprovações de planos de construção, aprovações de planos arquitetônicos, aprovações de planos estruturais, licenças de ocupação temporária, e assim por diante. Ele fornece uma via única para os profissionais enviarem desenhos de construção para várias autoridades aprovadoras de qualquer lugar e para verificar o status do envio na Internet tendo como objetivo integrar formulários de candidatura e cobrança de taxas, bem como para simplificar o trabalho para as autoridades de aprovação, fornecendo-lhes os meios para submeter online (Figura 13) o status das inscrições. No geral, resulta em processamento e tempo de resposta mais rápidos, aprimorando os serviços públicos por meio de melhor eficácia e produtividade no manuseio e processamento de envios de documentos de construção digital. Também tem a vantagem extra de harmonizar

regras e formas de racionalização entre as várias agências envolvidas (KHEMLANI, 2005).

Figura 13 - Página de login do CORENET e-Submission System

Fonte: Corenet (2022)

As regras do sistema CORENET são codificadas em linguagem de programação de computador. O mapeamento do esquema IFC é um grande desafio para implementação da verificação automática do código de construção. Com base em Eastman, *et al.* (2009), A verificação do sistema CORENET é realizada em três fases:

- a) Verificação das regras com as informações do esquema IFC;
- b) Verificação das regras com extensões de conjunto de propriedades para IFC;
- c) Verificação das regras com informações derivadas do IFC.

O CORENET *e-PlanCheck* foi proposto para fornecer uma série de aplicativos de sistema de informação que pudessem verificar automaticamente os planos de construção eletrônicos para conformidade com os requisitos regulamentares usando inteligência artificial (AI) e tecnologias de modelagem de informações de construção baseadas em recursos (BIM). O *e-PlanCheck*, que começou formalmente em setembro de 2000, centra-se no modelo de construção em vez de em representações de documentos de construção 2D (KHEMLANI, 2005). Atualmente, o *e-PlanCheck* inclui verificação de código para aspectos específicos dos serviços de

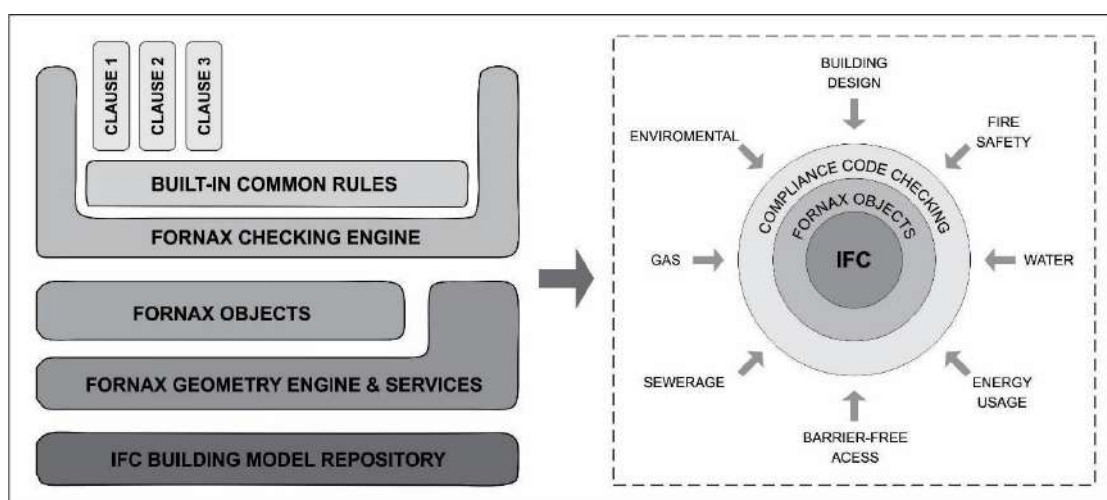
arquitetura e construção e, em última análise, será estendido para cobrir a estrutura e outras áreas também. A principal tecnologia na implementação do e-PlanCheck é o modelo de construção *Industry Foundation Classes* (IFC) (NAWARI, 2018).

Plataforma FORNAX - Singapura

Concebido pela novaCITYNETS Pte. Ltd., empresa de desenvolvimento de soluções do governo de Singapura, a plataforma FORNAX refere-se á uma biblioteca de objetos baseados na linguagem de programação C++ que possibilita a criação e visualização estendida dos dados IFC, no qual o sistema aceita informações do modelo de construção com semânticas de nível superior que são pertinentes aos requisitos de verificação de conformidade do código. O FORNAX oferece em suma, uma plataforma de desenvolvimento e implementação para o sistema *e-PlanCheck* (KHEMLANI, 2005).

A Figura 14, refere-se à estrutura de camadas semânticas referentes aos componentes de construção para a verificação automatizada de regras no sistema, tendo o primeiro nível os dados associados ao modelo IFC e os níveis acima associados ao FORNAX possibilitando a derivação dos dados e análises mais específicas mediante a necessidade de avaliação a ser realizada pela equipe de analistas.

Figura 14 - Adaptação estrutura semântica plataforma FORNAX



Fonte: Adaptado de Khemlani (2005)

Em suma, FORNAX é uma biblioteca de objetos C++ que deriva novos dados e gera visualizações estendidas de dados IFC para auxiliar na verificação

automatizada de regulamentos de construção. Os objetos FORNAX fornecem regras para autoavaliação, fornecendo boa maturidade baseada em objetos para realizar verificações automatizadas em modelos de construção (Nawari, 2018).

JOTNE EDMModel Checker - Noruega

O aplicativo *Express Data Manager* (EDM, 2016) foi desenvolvido em meados de 1998 pela empresa norueguesa *Jotne EPM Technology*. O sistema foi concebido para funcionar como servidor de modelo capaz de suportar um banco de dados e componentes disposto de ferramentas para permitir o gerenciamento do modelo BIM baseado no padrão neutro IFC da buildingSMART. Nesta plataforma, de acordo com o site do desenvolvedor, é possível: realizar checagem / mesclar modelos, reportar resultados, validar o modelo de acordo com esquema e requisitos de troca de dados estabelecidos e realizar avaliação do modelo através de regras.

As funções de gestão de segurança possibilitam configurações de acesso aos diretórios, usuários e grupos. Diferentes direitos de acesso à informação podem ser definidos: criar, excluir, visualizar, etc. A interface do usuário consiste em duas partes principais: uma janela dispendo das informações textuais e um visualizador do modelo (através do plug-in Octaga Modeller). Ao usuário, é disposto informações como: repositório com os diferentes modelos, árvore IFC com as diferentes hierarquias, relatórios do projeto e detalhes dos objetos. A ferramenta ainda permite a sincronização dos modelos das diferentes disciplinas de projeto. Isto inclui a capacidade de fazer upload de novos IFCs, substituir arquivos, fundir arquivos (check-in), downloads parciais e completos (check-out) (TAYLOR *et al.* 2009).

EDM oferece funcionalidade para domínios de interoperabilidade, como soluções de interoperabilidade de dados que resolvem problemas de negócios, como troca de dados, compartilhamento de dados, integração de dados e arquivamento de dados. Ele fornece um banco de dados de objetos e suporta o desenvolvimento aberto de verificação de regras usando a linguagem EXPRESS, que é a linguagem na qual o esquema do modelo IFC é escrito. As visualizações de novos modelos podem ser desenvolvidas usando EXPRESS e EXPRESS-X, que é uma linguagem para mapear dados de instância de um esquema EXPRESS para outro e oferece suporte a consultas e relatórios abrangentes. Todas as funcionalidades do EDM, incluindo mapeamentos, consultas e regras, podem ser

acessadas por meio do Plataformas de desenvolvimento C, C ++, Java e .NET.

O EDM também pode ser usado para criar tradutores / conversores de dados de um formato de dados para outro, onde um deles pode ser, mas não precisa ser, um padrão internacional, como ISO 10303 STEP. Esses sistemas tornam o EDM aberto para extensões de usuário avançadas. Jotne EPM também oferece mecanismos de relatórios para relatórios textuais e outros serviços relacionados, (NAWARI, 2018).

STATSBYGG / projeto HITOS – Noruega

O sistema CORENET foi modificado e adotado na Noruega com o sistema ByggSok (HARALDSEN *et al.*, 2004 apud NAWARI,2018). Trata-se de um sistema de governo eletrônico que compreende os módulos: sistema de informação, sistema de envio eletrônico de solicitações de edificações e sistema de propostas de zoneamento. Este sistema foi impulsionado pela indústria de construção e construção norueguesa e apoiado pelos *Standards Norway* e pelo *Norwegian buildingSMART*.

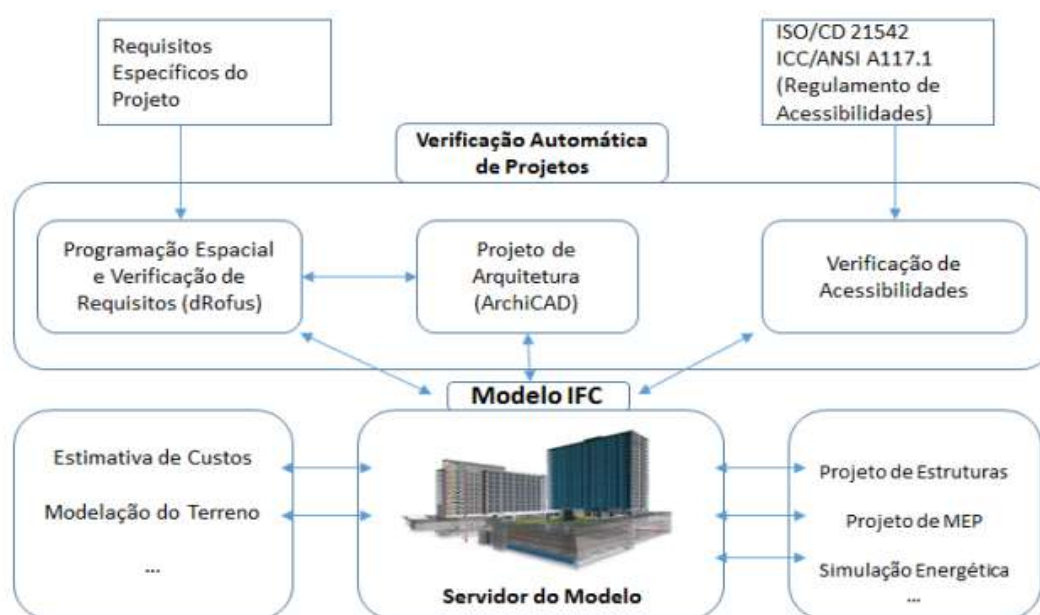
Além disso, com base nos projetos-piloto do CORENET e-PlanCheck, os desenvolvedores noruegueses STATSBYGG experimentaram vários sistemas como parte de seus esforços para estender o uso do IFC a todo o ciclo de vida do projeto em apoio ao mandato norueguês de que todas as propriedades usarão o IFC (SJØGREN, 2007). Os sistemas resultantes foram testados em projetos reais, com a troca de dados por meio de uma ampla seleção de softwares para se adequar às várias fases do ciclo de vida do projeto. O projeto de teste usados para os esforços de verificação de conformidade do código focou predominantemente no projeto de circulação, em que neste projeto, os dados do modelo de construção são armazenados e acessados por meio do servidor de modelo EDM usando o formato de dados IFC. As regras de acessibilidade são parametrizadas, mapeadas para seus objetos de construção relacionados e executados usando o *SMC Ruleset Manager* (NAWARI, 2018).

O SMC se comunica diretamente com os dados do modelo de construção no formato IFC, mas recupera apenas os objetos de que precisa - ou seja, aqueles mapeados para as regras de circulação. As regras implementadas até agora se concentram predominantemente em restrições geométricas definidas por vários

objetos e parâmetros. O sistema *Statsbygg Solibri* não suporta o aprimoramento desses modelos de dados ou a exportação para o formato IFC. Assim, o sistema atualmente só pode ser usado para a auditoria de conformidade com a regulamentação de atributos suportados pela ferramenta de autoria BIM original. Atualmente novas regras são utilizadas em colaboração com os desenvolvedores de software SMC e, como tal, não são facilmente adaptadas para outro software (NAWARI, 2018).

Um dos projetos desenvolvido no sistema STATBYGG foi o HITOS (Figura 15) abrangendo duas áreas, avaliação do programa espacial (plataforma dRofus) e análise de acessibilidade (*Solibri Model Checker*). Também foram utilizadas plataformas BIM de autoria tais como: Archicad (arquitetura), ADT (estruturas), Data Design System (instalações), Octaga (visualização do modelo), dentre outros (MOÇO, 2015).

Figura 15 - Visão geral do processo de verificação automática no projeto HITOS



Fonte: Moço (2015)

Relativo à verificação de requisitos espaciais, foi utilizado a plataforma dRofus com ênfase na avaliação do edifício, assim como, foi utilizada plataforma web para troca de informações entre os participantes do projeto.

DESIGN CHECK – Austrália

A Austrália também desenvolveu esforços quanto a implementação de um sistema de verificação de regras para subsidiar o setor da construção. O processo ocorreu em duas fases, sendo a primeira destinada à avaliação das capacidades dos sistemas atuais de verificação de regras a fim de se chegar a uma solução mais adequada aos padrões australianos e a segunda referente ao desenvolvimento da solução em si (NAWARI, 2018).

Na primeira fase, foi utilizado um protótipo do EDM que oferece um ambiente de desenvolvimento flexível e aberto fornecendo um ambiente de linguagem oficial para representar os códigos de construção. No entanto, o conhecimento prático dos recursos de escrita de regras da linguagem EXPRESS era limitado apenas ao pequeno grupo de pessoas que a aprendem por conta própria linguagens de programação (C ++ ou Java), desta maneira foi desenvolvido na segunda fase o sistema *Design Check*, sistema que suporta um banco de dados dos modelos digitais de construção assim como, contendo uma aba específica (Figura 16) para emissão de relatórios, (NAWARI, 2018).

Figura 16 - Página de relatório do Design Check

The figure displays two screenshots of the Design Check Report interface. The left screenshot shows a detailed table of results with columns for Results, Clause, Object Type, Object Name, Space Name, and Detail. The right screenshot shows a summary of the report with sections for Australian Standards, Check Results, and User Input.

DESIGN CHECK REPORT
Date: 21-10-2008
Code: AS 1428.1
Project: CIVIC

Results	Clause	Object Type	Object Name	Space Name	Detail
COMPLIANCE	7_1a.2	LIFT	LIFT_07	LIFT_07	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.2	LIFT	LIFT_05	LIFT_05	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.2	LIFT	LIFT_06	LIFT_06	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.2	LIFT	LIFT_08	LIFT_08	There is a path of travel below
INFORMATION_NEEDED	7_1a.3	Any Space	All	CLASS_6_OFFICE_BUIL	The space elevation is not do
NON_COMPLIANCE	7_1a.3	CORRIDOR	CORRIDOR_002	CORRIDOR_002	Accessible entrance shall be
NON_COMPLIANCE	7_1a.3	CORRIDOR	CORRIDOR_001	CORRIDOR_001	Accessible entrance shall be
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_01	COMMERCIAL_SPACE_01	Accessible entrance shall be
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_04	COMMERCIAL_SPACE_04	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_03	COMMERCIAL_SPACE_03	There is a path of travel below
NON_COMPLIANCE	7_1a.3	CORRIDOR	CORRIDOR_001	CORRIDOR_001	Accessible entrance shall be
NON_COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_01	COMMERCIAL_SPACE_01	Accessible entrance shall be
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_04	COMMERCIAL_SPACE_04	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_03	COMMERCIAL_SPACE_03	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_02	COMMERCIAL_SPACE_02	There is a path of travel below
COMPLIANCE	7_1a.3	COMMERCIAL_SPA	COMMERCIAL_SPACE_05	COMMERCIAL_SPACE_05	There is a path of travel below

design check
Accommodates Code Checking

Design Check Report
Date: 21-10-2008
Project: CIVIC

AUSTRALIAN STANDARDS
AS 1428.1

Check Results

Clause: 7_1c
Object Type: Revolving
Object Name: RevolvingDoor_01
Space Name:
Result: NON_COMPLIANCE
Details: Where revolving doors or turnstiles are installed, an alternative hinged or sliding door shall be provided
Checker Comment: no comment
Designer Comment: Non-compliance

Check Results

Clause: 7_1d
Object Type: Threshold Ramp
Object Name: All

User Input
Object Name: LIFT_07
Clause: 7_1a.2
Result: COMPLIANCE

Model Information Missing
Specification Needed
Checker Designer Comments

Required Information:
There is a path of travel between entrance and lift/shaft space

Information Inputs:

Save Cancel

Fonte: Eastman et, al. (2009)

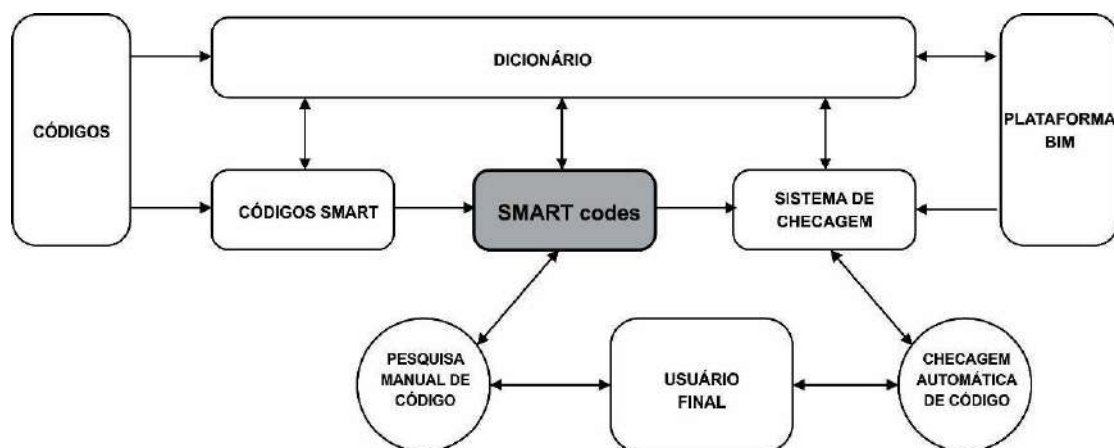
Internacional Code Concl (ICC) – SMARTcodes - EUA

O International Code Council (ICC) é a organização responsável por emitir o

código mestre de construção usado pelas autoridades na América do Norte. Emite códigos para edifícios residenciais e comerciais e para a maioria dos edifícios institucionais. Em 2006, começou a apoiar o conceito de desenvolvimento de códigos SMART; o esforço de desenvolvimento estava sendo realizado por AEC3 e Digital Alchemy. Os códigos SMART deveriam fornecer o mapeamento de códigos de construção escritos em instruções de código interoperáveis e interpretáveis por computador. O projeto de criação de códigos SMART se concentrou em sistematizar e automatizar a auditoria de conformidade de código em relação aos códigos ICC e versões federais, estaduais e localmente aceitas do ICC (NAWARI, 2018).

Os *SMARTcodes* (Figura 17) usaram um dicionário ICC para as definições de termos para objetos e propriedades que são essenciais para a verificação do modelo. A ideia era oferecer o *SMARTcodes Builder*, um aplicativo de software baseado na Web para facilitar a criação de códigos SMART. O software oferece ao usuário a oportunidade de identificar as principais expressões e suas partes lógicas, depois formaliza as expressões por meio da utilização de termos do dicionário. Declarações de regras, regulamentos e disposições são interpretados pelo desenvolvedor *SMARTcodes* utilizando o dicionário ICC que define as características conectadas a cada termo e a lista de propriedades, tipos de dados e unidades conectadas a cada propriedade. O dicionário é utilizado não apenas para interpretação de regras, mas também para mensagens entre o sistema de verificação de modelo *SMARTcodes* e o modelo de construção IFC (NAWARI, 2018).

Figura 17 - Adaptação da estrutura do sistema SMARTcodes para verificação de modelos



Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2009)

O relatório de resultados é gerado pelo módulo do software de verificação automática no *SMARTcodes*. O software fornece ao utilizador os resultados da verificação efetuada em várias alternativas de formatos possíveis, tais como: HTML, RTF, XLS e XML. Os resultados da verificação incluem sumários em tabelas que indicam a “VALIDAÇÃO” ou a “NÃO-VALIDAÇÃO” da regulamentação (EASTMAN ET, AL 2009).

General Services Administration (GSA) - EUA

A *General Services Administration* (GSA) é uma instituição americana responsável por entregar e gerenciar grande parte dos requisitos de espaços das agências federais nos Estados Unidos, participando do processo de contratação de arquitetos e engenheiros do setor privado para projetar, modernizar e construir novos prédios federais. Um dos pré-requisitos estabelecidos pela GSA é a concepção e entrega dos modelos virtuais através do BIM com base em diretrizes pré-estabelecidas.

Do ponto de vista da verificação automatizada de regras a GSA desenvolveu um conjunto de regras para avaliar os modelos quanto ao atendimento as conformidades aos seus requisitos. Utilizando a plataforma *Solibri Model Checker* para realizar verificações específicas conforme algumas diretrizes estabelecidas, tais como: conter um edifício com níveis no modelo, todos os objetos de construção estarem contidos em um nível, possuir espaços com as propriedades específicas, os elementos do modelo atendem às dimensões mínimas e máximas, a interseção de objetos de construção (NAWARI, 2018).

Além do uso do SMC, a GSA financiou pesquisa e desenvolvimento para a construção de um sistema próprio destinado a verificação automatizada de regras com ênfase em circulação e validação de segurança para os tribunais americanos, denominado *Design Assessment Tool* (DAT), desenvolvido por uma equipe de pesquisadores da *Georgia Institute of Technology* (EASTMAN et al. 2009).

Como ponto de partida para criação das regras no DAT, foi considerado os requisitos normativos de circulação e segurança do *US Courts Design Guide*, documento no qual estabelece as diretrizes para concepção de projetos de tribunais federais, considerando as melhores práticas obtidas nos últimos anos. Foram transpostas 302 regras de uma lógica computacional no DAT (CDG, 2007). Uma das regras criadas como exemplo foi a regra na qual as câmaras dos juízes fossem

acessadas por uma circulação restrita com acesso conveniente a sala do tribunal, uma outra regra foi a de que a área destinada a testemunhas no tribunal permitisse acessibilidade do acesso de pessoas na área de espectadores. No DAT, os elementos do modelo de construção são mapeados automaticamente para os nós e arestas do gráfico. Dois tipos de gráficos são usados neste sistema (EASTMAN *et al.* 2009).

- Gráfico de conexão topológica representa redes entre elementos espaciais, que é usado para verificar os caminhos de roteamento definidos em regras de circulação parametrizadas;
- Gráfico métrico denota distâncias que as pessoas viajam dentro de um espaço; este tipo de gráfico é utilizado para examinar distâncias de movimento e visualizar resultados.

Plataforma Metropolis - Salvador / BA (Brasil)

A Plataforma Metropolis tem como principal objetivo promover a melhoria da gestão do licenciamento de construções, através da atuação eficiente e da oferta de serviços, contribuindo para a desburocratização administrativa, a agilidade da prestação de serviços e o foco em resultados, utilizando metodologias e ferramentas que suportem tais iniciativas e uso intensivo da tecnologia da informação associada ao *Building Information Modeling* (BIM). Para isso, foi desenvolvida essa plataforma, projetada para análise de conformidade normativa frente à legislação de construções junto a Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Prefeitura de Salvador / BA (METROPOLIS, 2021).

A primeira versão lançada da plataforma, conta com os seguintes módulos:

- *Metropolis BIM Engine*: Módulo para análise dos arquivos BIM e estratificação dos parâmetros/ variáveis que serão utilizados para validação normativa.
- *Metropolis Reflexive Workflow*: Módulo de fluxo de trabalho para gerenciamento das regras de negócio entre as diversas etapas de projeto, submissão e análise.
- *Metropolis Viewer RT*: Software para uso dos Projetistas e/ou

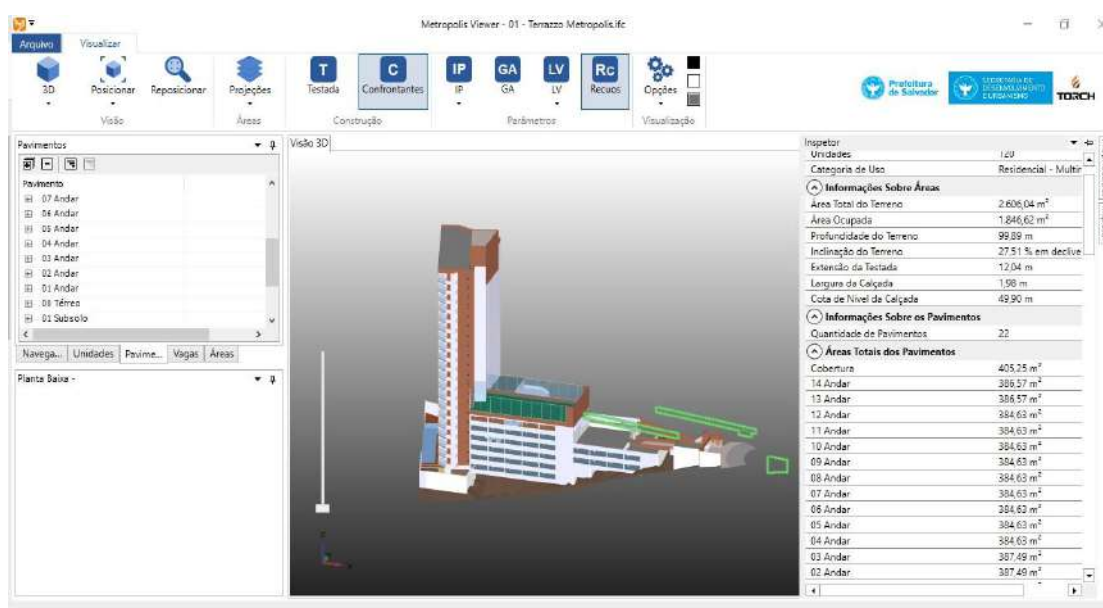
Responsáveis Técnicos para testes visuais dos projetos arquitetônicos antes da submissão para o órgão regulador.

- *Metropolis Architect*: Módulo, integrado ao Portal Simplifica e Workflow, para inserção dos dados em formato AutoCAD ou BIM e submissão ao órgão regulador.
- *Metropolis Viewer* (analistas): Software para uso dos Analistas. Deve ser utilizado para análise visual dos projetos arquitetônicos após submetidos para o órgão regulador.
- *Metropolis Regulator*: Software para Tramitação e Análise, integrado ao Workflow, exclusivo para uso do órgão regulador.
- *Metropolis Live*: Aplicativo Mobile para acompanhamento dos processos com notificações em tempo real e dashboard.
- *Metropolis Plotter*: Plugin para impressão das plantas com validação através de QRCode.
- *Metropolis Studio*: Desenvolvimento e manutenção das regras normativas, processos para tramitação e análise de processos submetidos. Os seguintes parâmetros serão entregues já desenvolvidos, conforme as regras normativas presentes na PDDU, LOUOS, Código de Obras e legislações acessórias.
- *Metropolis Dashboard*: Painel para acompanhamento em tempo real dos processos, para uso do órgão regulador.
- *Metropolis Cockpit*: Acompanhamento em tempo real dos processos, estados e históricos de execução.
- *Metropolis Admin*: Administração Centralizada de usuários, permissões de acesso e integração com sistemas legados.
- *Metropolis GIS*: Serviços de Geolocalização integrados à base do órgão regulador.

- *Metropolis LDAP*: Serviços de diretório integrados ao diretório do órgão regulador.

Para a primeira versão, foram estabelecidos um conjunto de componentes a serem avaliados na plataforma, dentre eles: restrições de espaço aéreo, índice de permeabilidade, gabarito de altura, limite de vedação, recuos, índice de ocupação, cota máxima de garagem e coeficiente de aproveitamento (METROPOLIS, 2021), a Figura 18 apresenta a área de trabalho do módulo *Metropolis Viewer*.

Figura 18 - Ambiente de trabalho módulo *Metropolis Viewer*



Fonte: Metropolis (2021)

Solibri Model Checker (SMC) - Finlândia

O Software Solibri Model Checker (SMC) trata-se de um software BIM de verificação e auditoria de modelos baseado em regras desenvolvido pela Solibri, Inc., empresa pertencente ao grupo NEMESTCHEK. Com base na categorização proposta por Eastman *et al.* (2009) o SMC se enquadra como um software de computador, que funciona paralelo a plataforma BIM autoral.

O aplicativo funciona através da linguagem de programação Java que interpreta os dados associados ao modelo IFC e o mapeia para uma estrutura de objeto interna que facilita o acesso aos dados do modelo e o processamento de conformidade. Inclui uma variedade de métodos integrados, como uma biblioteca

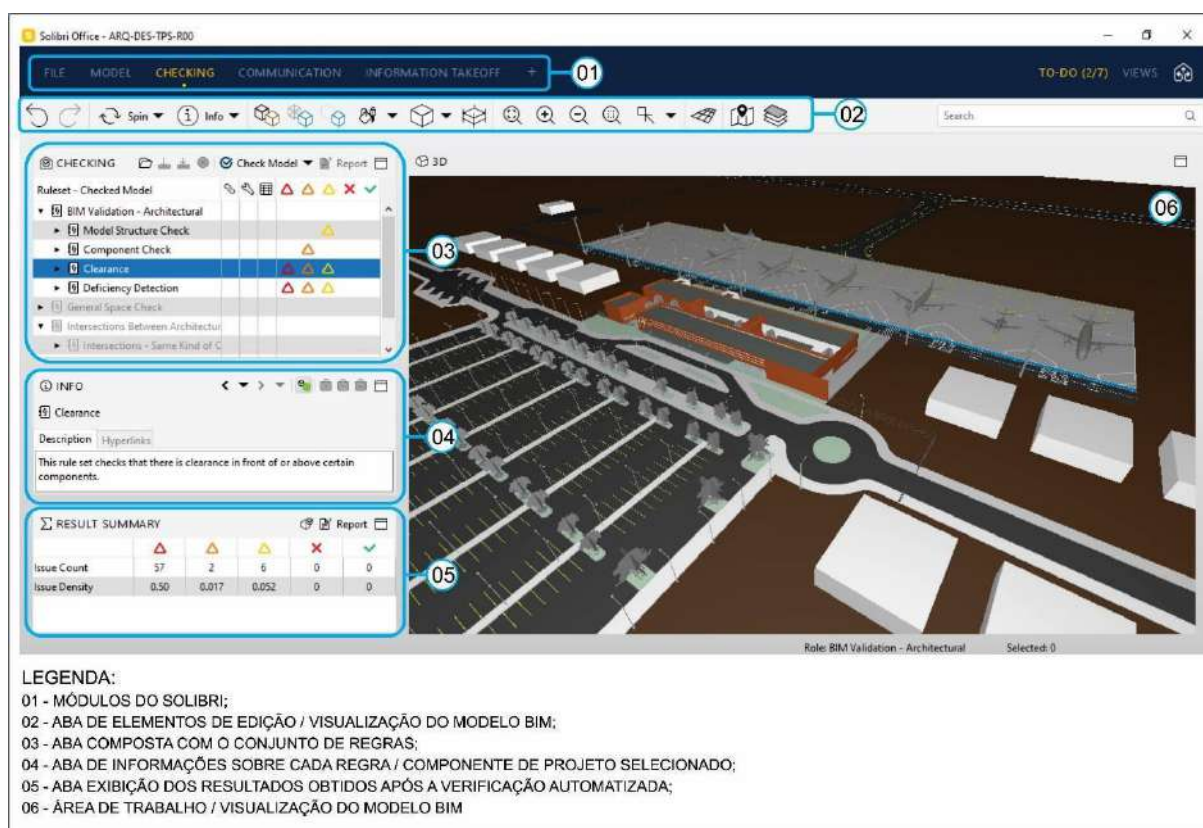
para verificar um modelo para propriedades geométricas básicas e erros de atributos, bem como existência de objeto, saídas de código de incêndio, distância de caminho, programa espacial em relação aos espaços reais de um edifício (NAWARI, 2018).

As regras podem ser parametricamente variadas por meio de parâmetros de controle definidos em mesa. No entanto, regras inteiramente novas podem ser adicionadas em Java usando a interface de programação de aplicativos (API) SMC (CORKE, 2013).

Atualmente o SMC inclui um conjunto de 300 regras pré-formatadas que permitem algum grau de personalização do usuário. No entanto, tal customização não permite a criação de novas regras. O desenvolvimento de novas regras no SMC requer experiência profissional em engenharia de software Java e um bom entendimento do ambiente e da estrutura de dados do software SMC (CORKE, 2013).

A área de trabalho do SMC (Figura 19) possui abas específicas para abrir arquivos (*file*), visualizar o modelo (*model*), realizar a verificação automatizada de regras (*checking*), relatar o resultado da verificação (*communication*) e obter informações a respeito de quantificação de componentes do modelo (*information takeoff*), além dessas abas é possível customizar outras abas.

Figura 19 - Interface do Solibri Model Checker

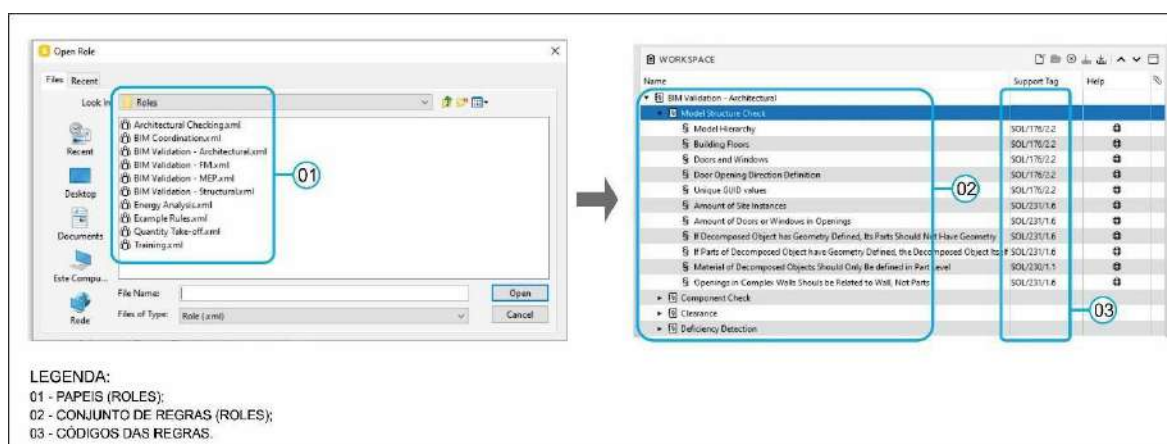


Fonte: O autor (2022)

Mediante o processo de verificação automatizada realizada no SMC através de um conjunto de regras denominado *Rulesets*, o SMC possibilita que os resultados obtidos na verificação sejam reportados através de relatórios em diferentes extensões, que incluem os seguintes formatos: *Portable Document Format* (PDF), *Extensible Markup Language* (XML), tabelas do Microsoft Excel (.xls), *BIM Collaboration Format* (BCF) além da visualização do próprio SMC utilizando o Solibri Model Viewer (NAWARI, 2018).

A Figura 20 apresenta a janela de configuração das atribuições (*roles*) e conjuntos de regras SOL (*rulesets*) que já vem nativos no SMC. Através desses arquivos padrões, é possível editá-los e criar novos papéis, assim como, criar novas regras SOL com nomes específicos.

Figura 20 - Janelas de seleção dos papéis (roles) / regras no SMC



Fonte: O autor (2022)

Do ponto de vista de carregamento de modelos autorais mono-disciplinar e multi-disciplinares o SMC carrega modelos via formato IFC, formato nativo do SMC. O software possui recursos de otimização e importação dos dados de maneira a deixar a manipulação e visualização dos dados associados aos modelos de maneira bastante intuitiva. É possível carregar diversos modelos autorais mono-disciplinares formando um modelo federado.

Mediante o conjunto de regras disponíveis no *Ruleset*, é possível editar os parâmetros associados de cada regra e renomear as regras de acordo com a necessidade específica, uma vez criado um conjunto de regras (pré-configuradas) é possível realizar a verificação automatizada no modelo.

Uma vez identificada as inconsistências, é possível criar um relatório de análise através do recurso *Report*, este relatório de verificação deve ser enviado para os projetistas responsáveis pelo desenvolvimento do modelo autoral BIM. No entanto, esse fluxo de trabalho também tem o desafio de localizar os componentes relatados do SMC na ferramenta de autoria do BIM. Muitas vezes, isso é feito manualmente. Devido às dificuldades de referência cruzada manual, o SMC sugere exportar os resultados para o *BIMCollaboration Format* (BCF).

O BCF apresenta um recurso de comunicação de fluxo de trabalho conectado a modelos IFC, baseado no esquema XML da buildingSMART projetado especificamente para permitir que um objeto ou visualização de objeto em um pacote de software seja identificado e localizado automaticamente em outro pacote de software. É importante observar que o formato BCF é independente da versão do esquema IFC que está sendo usada (NAWARI, 2018).

3.3.3 Linguagens - Sistemas de Verificação Automatizada de Regras

Com o passar dos anos diversos esforços no campo do desenvolvimento de linguagens de programação para viabilização de CC foram realizados a fim de subsidiar a verificação automatizada de regras, os tópicos apresentados a seguir, demonstra algumas dessas abordagens.

Building Environment Rule and Analysis Language (BERA)

A linguagem *Building Environment Rule and Analysis* (BERA) tenta lidar com a construção de modelos de informação de uma forma intuitiva, a fim de definir e analisar regras que podem ser aplicadas para verificar a configuração de objetos de construção, composição e layout de edifícios, mesmo nos estágios iniciais de design. O uso pretendido da linguagem BERA é analisar e avaliar as regras relativas ao ambiente de construção (LEE, 2011).

A linguagem BERA é uma linguagem de modelagem de domínio específico que tenta lidar com a construção de modelos de informação em uma abordagem natural, a fim de definir e analisar regras, mesmo nos estágios iniciais de projeto. A aplicação da linguagem BERA visa fornecer eficiência na definição, análise e verificação de regras no ambiente construído baseado no *BERA Object Model* (BOM), que é uma abstração do universo do discurso (NAWARI, 2018).

O BOM é derivado do modelo de dados orientado a IFC e representa uma implementação de baixo nível dentro do BERA como seu *back-end*. A ferramenta de linguagem BERA é um ambiente de desenvolvimento integrado para a linguagem BERA. Usando a ferramenta de linguagem BERA, pode-se avaliar modelos de construção, com foco na análise de projeto e verificação de regras dos propósitos da circulação de edifícios e programação espacial (LEE, 2011 apud. NAWARI, 2018).

Uma das principais limitações do BERA é o fato de ser uma linguagem estritamente de domínio específico. Todas as referências a atributos e propriedades por meio de uma entidade, atributo, propriedade padrão, por exemplo: *Space.GUID* são codificados na gramática do BERA. As atualizações precisam ser realizadas manualmente para quaisquer subdomínios adicionais (NAWARI, 2018).

BIM Rule Language (BIMRL)

O BIMRL foi desenvolvido para padronizar e simplificar a verificação de regras de construção usando uma abordagem de linguagem. Durante o desenvolvimento, percebeu-se que os problemas com a verificação de regras envolvem muito mais do que apenas a expressão das regras, tendo que lidar com a semântica de nível mais alto dos dados de construção que o modelo de construção IFC não é prontamente utilizável para a maioria das regras (DIMYAD *et al.* 2016).

Por design, o BIMRL é capaz de lidar com problemas associados à abordagem de verificação baseada em regras, fornecendo uma funcionalidade de consulta eficiente e uma resposta de alto desempenho a consultas complexas envolvendo operações geométricas e espaciais, tudo em um idioma. Esta abordagem de linguagem abre a possibilidade para um sistema de consulta flexível e o conceito de extensões ou plug-ins que funcionam de forma semelhante aos procedimentos armazenados em sistemas de banco de dados relacionais (RDBMS) (DIMYAD *et al.* 2016).

Building Information Model Query Language (BIMQL)

Trata-se de uma linguagem de consulta extensível, aberta e de domínio específico para a construção de modelos de informação. Ela pode ser usada para selecionar e atualizar aspectos parciais em modelos de informações de construção (MAZAIRAC; BEETZ, 2013).

A linguagem foi projetada e implementada na plataforma bimserver.org, embora seja genérica o suficiente para ser adaptada em outras implementações de modelagem baseada em IFC e ferramentas de desenvolvimento, permitindo a seleção de objetos e atributos com base em seus nomes de esquema ou propriedades arbitrárias decorrentes de conjuntos de propriedades padronizadas ou personalizadas (MAZAIRAC; BEETZ, 2013).

Embora a linguagem BIMQL em seu estado atual de especificação e implementação seja útil para cenários de extração de submodelo, ela tem várias limitações. Por exemplo, a consulta de componentes de modelo por seus termos comumente usados na indústria de AEC está atualmente limitada a significantes singulares explicitamente mapeados no dicionário de dados buildingSMART

(NAWARI, 2018).

O BIMQL busca tornar a linguagem mais amigável para os profissionais. Assim, buscou-se uma sintaxe próxima à linguagem natural. Por exemplo, em vez de usar nomes de entidades IFC tecnicamente corretos, como *IfcWallStandardCase*, *IfcColumn*, e *IfcDoor*, BIMQL permite que os usuários usem termos de linguagem natural, como Parede, coluna, paredes, e Porta. Ele utiliza termos e usa dicionários de pesquisa e vocabulários estruturados indicados no *International Framework for Dictionaries* (IFD), pelos quais localizações do idioma de consulta também podem ser obtidas (NAWARI, 2018).

O BIMQL usa a abordagem *Model Driven Architecture* (MDA) para a engenharia de software. MDA é um dos pilares arquitetônicos da estrutura bimserver.org. É baseado no conceito de que ao invés de desenvolver o próprio código-fonte, o programador desenvolve um modelo que é usado para gerar o código-fonte automaticamente. Essa abordagem normalmente aumenta a transportabilidade, a eficiência e a interoperabilidade entre plataformas (NAWARI, 2018).

Conceptual Graph (CG)

O *Conceptual Graph* (CG) oferece uma representação intuitiva, de fácil leitura e adequada para capturar o conhecimento semântico das regras tendo uma base semântica Lógica de Primeira Ordem (FOL). Esta linguagem de programação foi concebida com intuito de capturar o conhecimento da regra em sua estrutura lógica básica e nos dados envolvidos, possibilitando a comunicação eficaz entre todos os usuários e identificar dados exatos, relações entre dados e quaisquer funções necessárias para encapsular os algoritmos complexos envolvidos na resolução de uma regra (SOLIHIN; EASTMAN, 2015). Os respectivos autores destacaram alguns objetivos específicos do CG:

- Como uma ferramenta expressiva para capturar o conhecimento das regras em termos de seus requisitos de automação, que são facilmente compreendidos pelos especialistas em regras, que normalmente não estão familiarizados com a programação de computadores;

- Capacidade de capturar os requisitos de dados dos objetos de construção e seus relacionamentos ou interações com outros objetos de construção;
- Mapeamento direto dos conceitos de CG em entidades IFC, entidades derivadas e funções de extensão. O mapeamento é importante para definir MVDs e para esforços de desenvolvimento de software;
- Capacidade de quebrar regras complexas em suas regras atômicas de forma sistemática e padronizada.

Segundo (NAWARI, 2018), FOL é uma linguagem lógica formal que denota áreas de discurso nas quais vários quantificadores variam, algo semelhante a linguagem humana, descrevendo o universo em termos de:

- **Objeto:** pessoas, árvores, pisos, vigas, colunas, treliças, etc.;
- **Relações:** largura, retângulo, maior que, menor que, parte de, etc.;
- **Funções:** deformação, força máxima, etc.

Existem dois mecanismos principais conhecidos na modelagem FOL: **sintaxe**, que tem a função de governar quais grupos de símbolos são permitidos e **semântica**, que controla os significados e o sentido por trás dos termos. Os termos e fórmulas baseados em FOL são cadeias de símbolos que juntos constituem o script da linguagem (NAWARI, 2018, p.30).

Natural Language Processing (NLP)

A Linguagem de Processamento Natural (NLP), trata-se de uma abordagem baseada em Inteligência Artificial (AI), que direciona o significado do texto de linguagem fornecido. Essa linguagem vem se desenvolvendo desde da década de 1960 como um subcampo da IA tendo o propósito de estudar problemas de geração automática e compreensão da linguagem humana (NAWARI, 2018, p.27).

Os algoritmos da NLP geralmente se concentram na área de interação humano-computador. Vários desafios nos métodos de NLP incluem a compreensão da linguagem natural e a extração de regras de documentos de regulamentação de

construção. Eles procuram permitir que os computadores derivem significado de formatos textuais, como regulamentos de construção, e gerem regras lógicas para processamento posterior. Eles dependem da distribuição de probabilidade prevista das expressões de linguagem que estão sendo extraídas (NAWARI, 2018, p.27).

Mediante a compreensão das diversas plataformas BIM de análise e simulação existentes para viabilização da verificação automatizada de regras e suas respectivas linguagens de programação sendo possível estabelecer diferentes estratégias com base na necessidade de verificação específica de cada usuário baseado nos regulamentos e códigos a serem traduzidos para esses sistemas, foi desenvolvida a Tabela 6 que exhibe um quadro síntese com os principais sistemas / linguagens de programação utilizadas.

Tabela 6 – Sistemas de Verificação Automatizada de Regras

SISTEMAS	REPRESENTAÇÃO		TIPO DE	TIPOS DE	SITE DO	
	DO CÓDIGO	FORMATO	LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	SISTEMA CC (EASTMAN,2009)	DESENVOLVEDOR OU DEMAIS REFERÊNCIAS	REFERÊNCIA
CORENte-Submission System / FORNAX	Código de computador	IFC	Abordagem baseada em objetos	Sistema baseado em Web	https://www.corenet.gov.sg/general/corenet-e-submission-system.aspx	(KHEMLANI, 2011)
JOTNE EDM Model Checker	Linguagem baseada em Regras	IFC	Abordagem baseada em objetos utilizando a linguagem Express	Software paralelo ao software de projeto	https://jotneit.no/edmmodelserver-ifc	Ding et al. (2006)
STATSBYGG (HITOS)	Regras de acessibilidade	IFC		Software paralelo ao software de projeto	https://www.statsbygg.no/bim	(SJØGREN 2007)
DesignCheck	Regras de acessibilidade (AS1428)	IFC	linguagem Express	Software paralelo ao software de projeto	https://www.disabilityaccessconsultants.com.au/australian-standards-as1428-suite/	Ding et al. (2006)
DA's SMART Codes (GSA)	Regras paramétricas	IFC	RASE	Software paralelo ao software de projeto	https://www.gsa.gov/	(SEE, 2008)
Plataforma Metropolis	Regras paramétricas com base em sistema de classificação via plug-in	.rvt / IFC	-	Software paralelo ao software de projeto	http://www.metropolis.solutions/ https://torch.eng.br/servico/plataforma-metropolis#serv-3	SEDUR / TORCH Engeharia
Solibri Model Checker (SMC)	Regras Paramétricas (SOL)	IFC	-	Software paralelo ao software de projeto	https://www.solibri.com/	(SJØGREN 2007)

Fonte: O autor (2022)

3.3.4 Níveis de Subjetividade da Verificação Automatizada de Regras

Os códigos e regulamentos da AEC são documentos legais escritos e autorizados por pessoas para serem compreendidos e aplicados por profissionais. Eles dificilmente são precisos como lógica formal. Essa elasticidade de expressão é essencial para um sistema de aquisição de conhecimento. Ainda assim, os profissionais podem ler esses documentos e traduzi-los em notações científicas formais e aplicativos de softwares, estes, podem extrair qualquer tipo de informação de que necessitem, raciocinar a respeito e aplicá-la em vários níveis de precisão. O meio pelo qual essas extrações e aplicações são realizadas é a área que pesquisadores e profissionais vêm tentando aprimorar, introduzindo métodos automatizados ou semi automáticos há muitos anos (NAWARI, 2018).

A criação de uma representação computável adequada de códigos e padrões de construção que deriva dados de fontes legais e é mantida atualizada ainda está longe do ideal. Assim, na ausência de uma representação computável prática de padrões e regulamentos para a indústria de AEC, a busca por uma solução permanente melhor continua (NAWARI, 2018).

Com base em SOLIHIN, W. *et al.* (2018) nenhuma abordagem pode cobrir toda a gama de componentes exigidos por um sistema de verificação de requisitos. Eles variam em termos de complexidade, desempenho e conhecimento de domínio necessário para definir e executar as regras.

Ao longo dos últimos anos, algumas pesquisas com relação a verificação automatizada foram realizadas no Brasil: (ANDRADE; SILVA, 2017; FRANÇA, 2018; KATER; RUSCHEL, 2020; MAINARDI NETO, 2016; SOLIMAN, 2018).

Mainardi Neto (2016), utilizou a Plataforma BIM *Solibri Model Checker* (SMC) para viabilizar a verificação automatizada de regras em projeto de arquitetura de estações metroviárias, quanto a questão da subjetividade do processo, este autor desenvolveu uma tabela de classificação para auxiliar na interpretação das classes de subjetividade de cada regra criada (Figura 21).

Figura 21 - Classificação de Regras Subjetivas

Classe	Descrição
D	Dúbia: regra que apesar de certa clareza, podendo haver informações numéricas, permite chegar a mais de um entendimento.
I	Indireta: regra indicando o atendimento a Leis, Normas e Diretrizes pertencentes a outros documentos.
Z	Ineficaz: a regra não está descrita de forma clara, objetiva ou com informações suficientes, portanto deve ser reescrita.
V	Visual: esta regra não tem valores definidos pela própria natureza da regra, sendo assim a análise deve ser realizada visualmente.
C	Composta: regra composta de outras regras com classificações diferentes, sendo necessária a separação desta em outras regras.
G	Gráfica: regra indica a necessidade de representação gráfica em desenhos, portanto não há como verificar no modelo.
O	Outras regras: esta regra necessita de informações não existentes no modelo analisado, ou pertencem a outros modelos.

Fonte: Mainardi Neto (2016)

Além da classificação de regras subjetivas, Mainardi Neto (2016) propôs uma classificação baseada na utilização do SMC, desde a classe I até a classe IV, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Capacidade de implantação da regra ao software Solibri Model Checker (SMC)

Classe	Descrição
I	É possível implantar diretamente no Solibri Model Checker.
II	É possível implantar no Solibri Model Checker, porém será necessária adaptação por meio de linguagem de programação (API).
III	Não é possível a análise automatizada, portanto o SMC emitirá um alerta, posicionando a visualização do modelo nos componentes pertencentes a esta regra para análise visual.
IV	Não há como analisar a regra, seja automaticamente ou visualmente, portanto não será implantada.

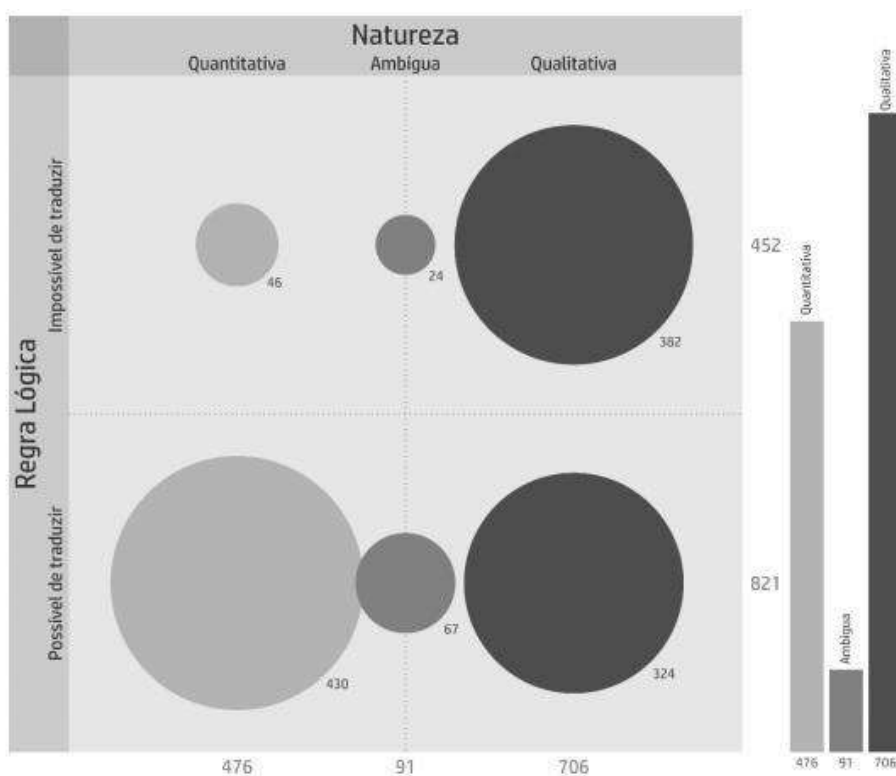
Fonte: Mainardi Neto (2016)

Silva (2017) utilizou o SMC para verificação automatizada de regras baseado na norma de desempenho. Foram listados 109 requisitos possíveis de automatização, no qual chegou-se à seguinte conclusão da amostra total: 33 requisitos classificados como não são proposições (30%), 30 reportam para outras normas específicas (28%), 20 requisitos não são verificáveis automaticamente pelo

SMC (18%), 11 são verificáveis (10%) e 15 verificáveis parcialmente (14%), uma vez excluídos o grupo que reporta a outras normas específicas, percebeu-se que apenas 14% das regras realizaram a verificação completa do requisito, e 19% verificaram parcialmente, somando esses percentuais chega-se a um total de 33% de viabilidade de utilização do SMC.

Soliman (2018) aplicou a verificação automatizada através do SMC em um projeto hospitalar, com base em documentos normativos de referência, o autor identificou 1.273 requisitos, destes, 706 sendo de natureza predominantemente qualitativa, 476 de natureza predominantemente quantitativa e 91 requisitos classificados como de natureza ambígua. Do ponto de vista do processo de tradução em regra lógica, foi percebido que 821 requisitos tinham possibilidade de serem convertidos em regras parametrizáveis, e 452 poderiam não ter a conversão realizada de forma satisfatória (Figura 23).

Figura 23 - Caracterização dos requisitos



Fonte: Soliman (2018)

França (2018) empregou o SMC em um projeto de segurança contra incêndio e pânico identificando 262 regras das quais 46% das regras foram criadas no SMC e 54% não foram automatizadas no SMC.

Kater e Ruschel (2020) utilizaram o SMC em projeto com ênfase em medidas de segurança contra incêndio. Os autores conceberam um conjunto de 11 regras com 20 utilizações possíveis e 60 possibilidades de parametrizações. Foi observado pelos autores que das 11 regras, 5 exigiram preparação do modelo (45%).

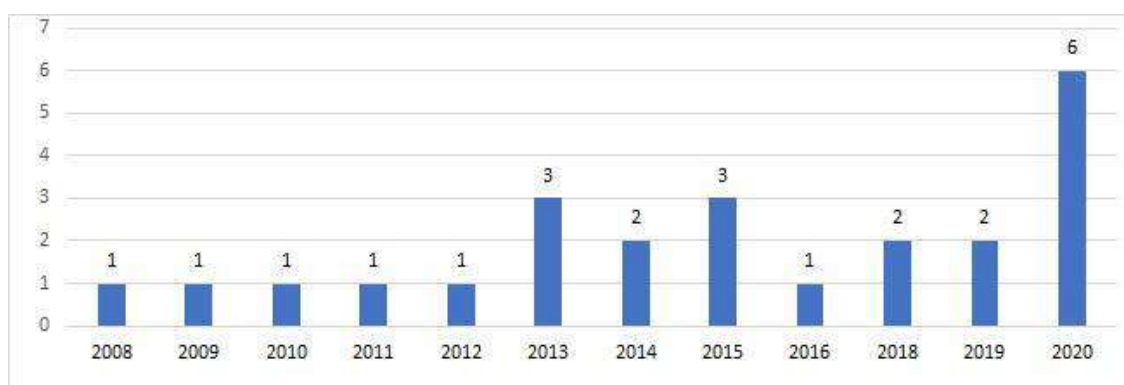
Mediante o desenvolvimento desta subseção, foi possível compreender tanto a conceituação a respeito da Modelagem da Informação da Construção (BIM), assim como o uso do modelo BIM relacionado a verificação automatizada de regras, tendo em vista as diversas abordagens baseadas em sistemas de verificação, linguagens de programação assim como, os níveis de subjetividade e limitações desses sistemas.

3.3.4.1 Análise dos Resultados

Esta subseção apresenta os resultados obtidos acerca da RSL desenvolvida a respeito do uso do modelo BIM relacionado a *Code Checking*. As 24 publicações (amostra final da RSL) foram criados histogramas no software Microsoft Excel com intuito de analisar através de estatísticas descritivas: quantidade de publicações por ano, publicações por países, publicações por periódicos, usos do modelo BIM associados a série 4000 (simulação e quantificação) baseado em Succar (2015), autores x categoria de uso (série 4000) e softwares e linguagens de programação utilizadas.

Com base no recorte temporal estabelecido, foram identificadas a quantidade de publicações por ano entre 2008 e 2020, os resultados apresentados na Figura 24 demonstram um aumento das publicações após o ano de 2012.

Figura 24 - Publicações por ano

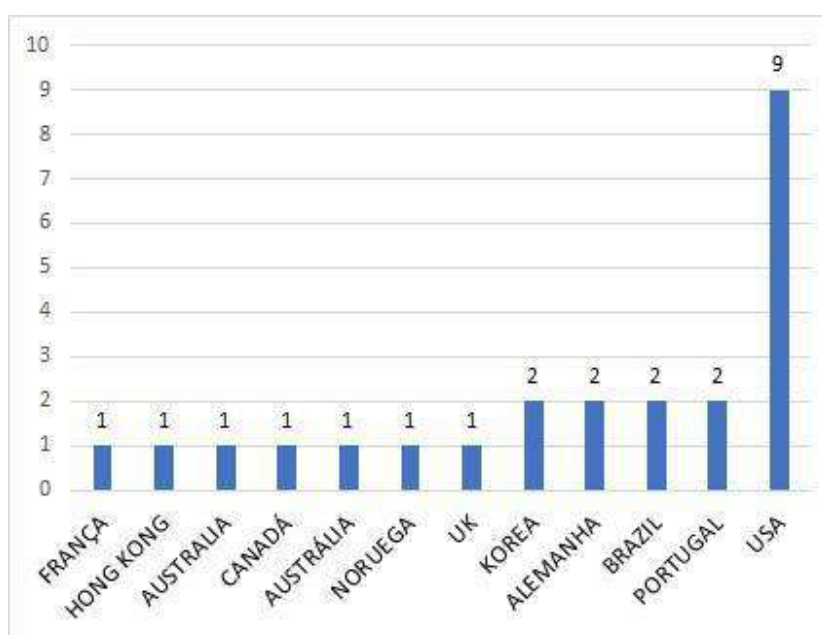


Fonte: O autor (2022)

Com relação à distribuição geográfica das publicações, foi possível perceber

uma maior concentração de trabalhos nos Estados Unidos da América (USA) totalizando 9 trabalhos publicados, ou seja, 37,5% das publicações, seguido pela Alemanha, Brasil, Portugal, Korea com 2 publicações de cada país, Austrália, Canadá, Reino Unido, Noruega, Hong Kong e França com 1 publicação de cada (Figura 25).

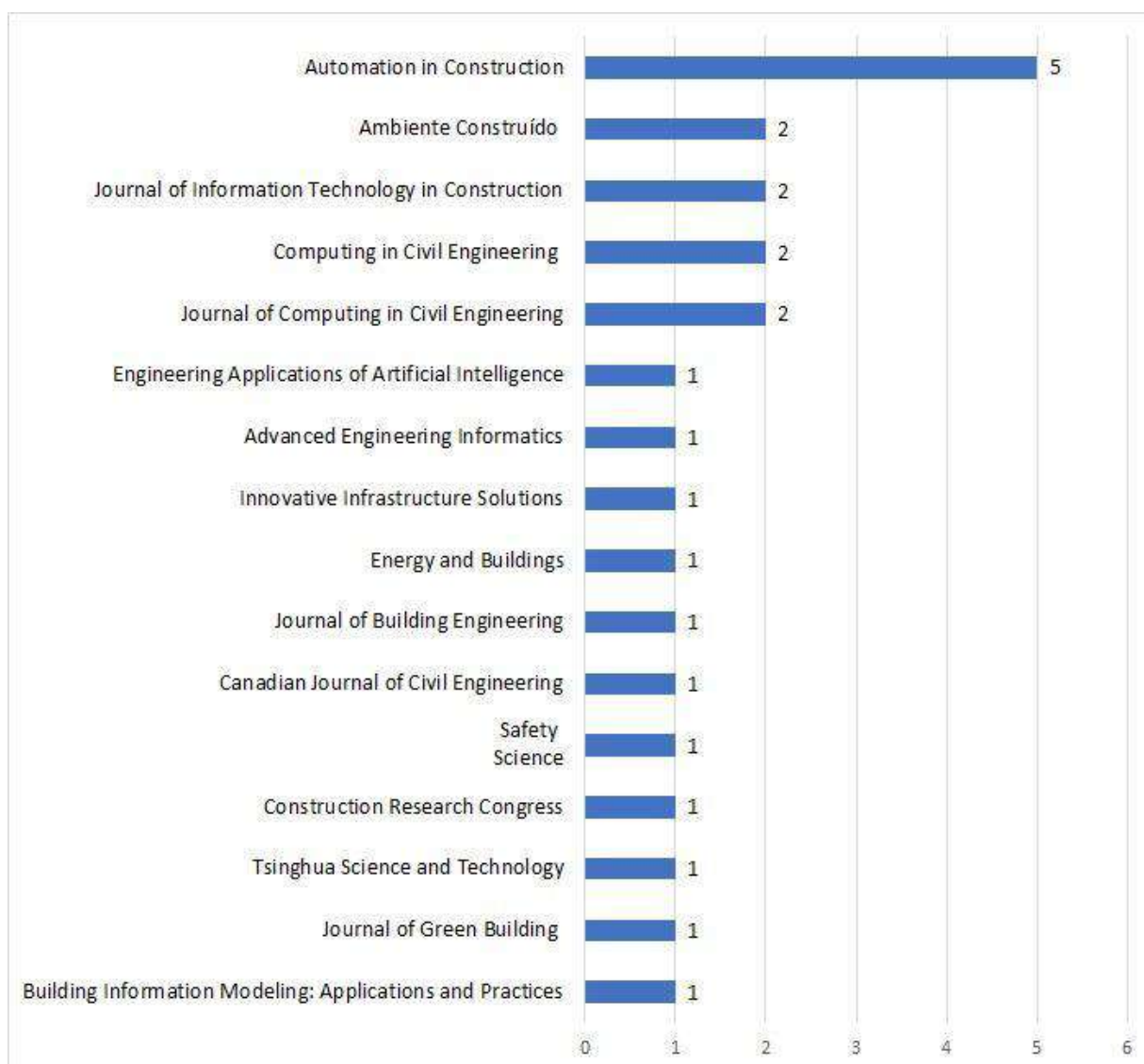
Figura 25 - Publicações por país



Fonte: O autor (2022)

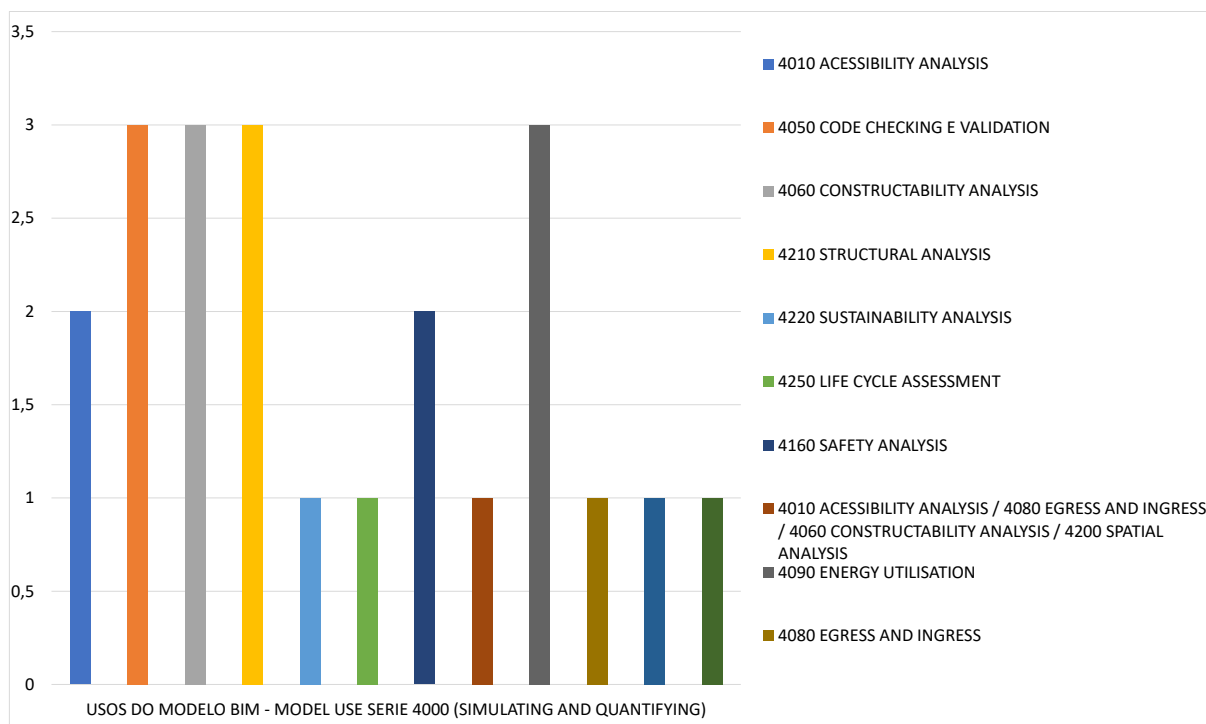
Com relação aos periódicos (Figura 26), a revista *Automation in Construction* se apresentou como fonte de maior quantidade de publicações, totalizando 5 publicações, ou seja, 20,8% das publicações a respeito do tema. Foi possível também identificar os diferentes tipos de usos do modelo BIM associados a série 4000 (Figura 27), incluindo o uso específico referente a CC, no qual foi possível encontrar publicações no qual foi utilizado o código 4050 *Code Checking e Validation* (SUCCAR, 2015).

Figura 26 - Publicações por periódico



Fonte: O autor (2022)

Figura 27 - Usos do modelo associados à Code Checking



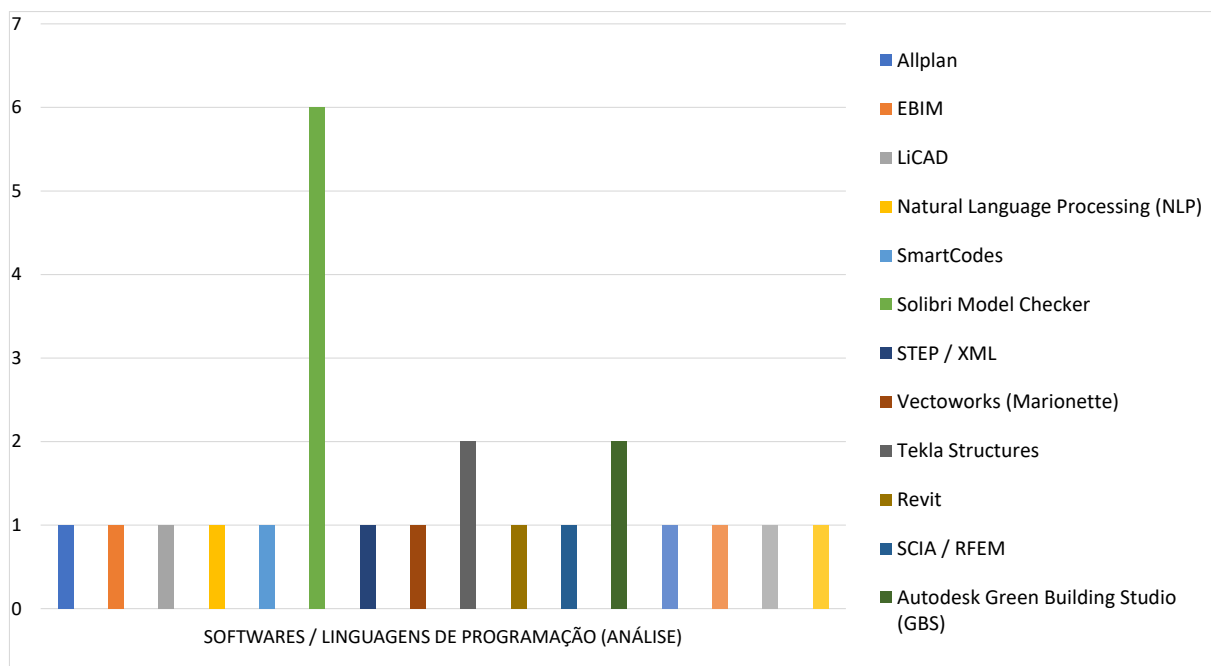
Fonte: O autor (2022)

O uso do BIM associado especificamente à verificação automatizada de regras (4050) apareceu em 03 publicações (MARTINSSy *et al.*, 2013; SOLIMAN *et al.*, 2020; SYDORA; STROULIA, 2020). Observa-se também uma quantidade considerável de publicações relacionando o uso de CC à análise de construtibilidade (4060), análise estrutural (4120) e análise de energia (4090), ambos com três publicações. Além desses usos, foi possível identificar outros usos relacionando CC à análise de acessibilidade (4010) e análise de segurança (4160), além dos demais usos com 1 publicação resultante.

Foi percebido pelo pesquisador no momento em que desenvolvia este gráfico, que as publicações pertinentes ao uso 4050 (*code cheking e validation*) possuíam outros usos “embutidos”, essa reflexão foi válida para que o pesquisador pudesse considerar os demais usos enquadrados em CC na Estrutura Conceitual a ser apresentada no **Capítulo 5**.

A Figura 28 apresenta os softwares / linguagens de programação utilizadas nas pesquisas, foi percebido que o software Solibri Model Checker (SMC) foi utilizado em 6 pesquisas, totalizando 25% da amostra total.

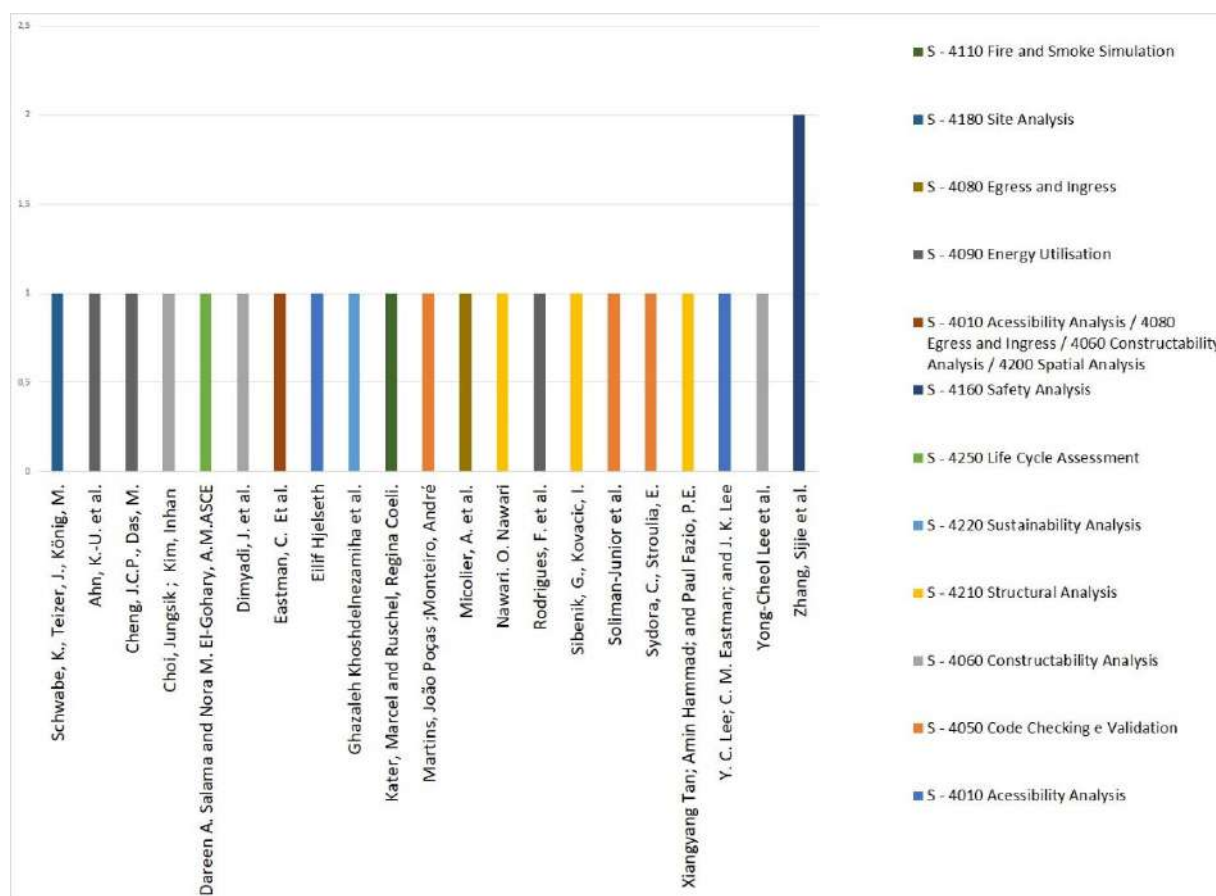
Figura 28 - Softwares / Linguagens de programação



Fonte: O autor (2022)

Foi notado também que em duas pesquisas, (CHOI *et al.* 2008; SALAMA; EL-GOHARY, 2013), foram utilizadas linguagens de programação (NLP / STEP XML) de maneira direta para resolução de problemas relacionados a análise de construtibilidade (4060) e avaliação do ciclo de vida do empreendimento (4250). Por fim, foi analisada a relação de publicações (autores) x usos do modelo BIM, a fim de identificar autores que tivessem realizado mais publicações em determinado uso específico (Figura 29).

Figura 29 - Autores x Usos do Modelo BIM



Fonte: O autor (2022)

Diversos esforços foram realizados ao longo dos últimos anos para viabilizar o uso de CC em diversos tipos de projetos no Brasil, MAINARDI, 2016 (estação de metrô); ANDRADE E SILVA, 2017 (norma de desempenho); SOLIMAN, 2018 (edifício hospitalar); FRANÇA, 2018 (código de segurança contra incêndio); KATER; RUSCHEL 2020 (segurança contra incêndio).

Mediante o desenvolvimento da RSL a respeito do tema, foi percebido a inexistência de pesquisas utilizando o uso de CC para projetos aeroportuários, assim como, foi notado que algumas dessas pesquisas se limitavam a analisar apenas o comportamento do software de análise com relação a viabilidade de atendimento ou não atendimento de um determinado conjunto de requisitos pré-estabelecidos.

Foi possível compreender também as diversas variações de usos do modelo BIM enquadrado na série 4000, assim como, estabelecer as classes de problemas com base na RSL (apresentado no Capítulo 6).

3.3.4.2 Identificação do Artefato e Classes de Problemas

Mediante os resultados obtidos na Fundamentação Teórica (apresentada no **Capítulo 2**), combinado com os resultados obtidos na RSL, foi possível identificar as classes de problema desta pesquisa.

Ao longo do desenvolvimento da RSL, foram mapeados também as classes de problemas associadas à amostra resultante, com base na organização de um conjunto de problemas, práticos ou teóricos estabelecidos, resumidos na Tabela 7.

Tabela 7 - Classes de Problemas (RSL)

Classes de Problemas	Séries de Uso do Modelo BIM (Succar, 2015)	Uso do Modelo BIM (Succar, 2015)	Referência
Desenvolvimento / Avaliação de Projetos	Simulação e Quantificação (4000)	Checagem de Código e Validação (4050)	Kater; Ruschel (2020)*; Martins; Monteiro (2013); Soliman et al. (2020); Sydora; Stroulia (2020)
		Simulação de Fogo e Fumaça (4110)	Kater; Ruschel (2020)
		Análise de acessibilidade (4010)	Fernandes et al. (2018)
		Análise de Energia (4090)	Ahn et al. (2014); Cheng; Das (2014)
		Análise estrutural (4210)	Nawari (2011); Sibenik; Kovacic (2020); Xiangyang Tan et al. (2010)
Construção e Operação	Simulação e Quantificação (4000)	Análise de acessibilidade (4010)	Eastman et al. (2009); Eilif Hjelseth (2015); Lee et al. (2018)
		Análise de Construção (4060)	Choi, Jungsik; Kim, Inhan (2008); Dimyadi, et al. (2016); Lee et al. (2018)
		Análise do Ciclo de Vida do Empreendimento (4250)	Dareen et al. (2013)
		Análise de Segurança (4160)	Zhang, Sijie et al. (2013, 2015)
		Análise de Energia (4090)	Rodrigues et al. (2020)
		Análise de Sustentabilidade (4220)	Ghazaleh Khoshdelnezamiha et al. (2020)
		Análise de entrada e saída (4080)	Micolier et al. (2019); Sanguinetti, et al. (2012)
		Análise do Terreno (4180)	Schwabe; Teizer; König (2019)

Nota: (*) estudos que abordam mais de um uso do modelo BIM

Fonte: O autor (2022)

A classe de problema relativa a Desenvolvimento / Avaliação de Projetos resultou em sete pesquisas (SOLIMAN *et al.*, 2020; MARTINS; MONTEIRO, 2013; SYDORA; STROULIA, 2020; KATER; RUSCHEL, 2020; FERNANDES *et al.*, 2018; AHN *et al.*, 2014; CHENG; DAS, 2014) relacionadas à série 4000, distribuídas em quatro usos do modelo. Já a classe de problema denominada Construção e Operação, resultou em 17 pesquisas relacionadas à série 4000, distribuídas em 09 usos do modelo BIM (CHOI; KIM, 2008; DAREEN *et al.*, 2013; DIMYADI *et al.*, 2016; EASTMAN *et al.*, 2009; EILIF HJELSETH, 2015; KHOSHDELNEZAMIHA *et al.*, 2020; LEE *et al.*, 2018; MICOLIER, *et al.*, 2019; NAWARI, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2020; SANGUINETTI *et al.*, 2012; SCHWABE; TEIZER; KÖNIG, 2019; SIBENIKKOVACIC, 2020; XIANGYANG *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2013; 2015).

Das 24 pesquisas, apenas Kater e Ruschel (2020), Martins e Monteiro (2013), Soliman *et al.* (2020) e Sydora e Stroulia, (2020), fizeram efetivamente o uso de Checagem de Código e Validação (4050). Soliman *et al.* (2020) desenvolveram um framework para viabilização de verificação automatizada de regras em edifícios hospitalares com ênfase na identificação da natureza dos regulamentos e a subjetividade dos requisitos. Martins e Monteiro (2013) executaram um conjunto de regras em projetos de instalações prediais baseados na legislação de Portugal. Sydora e Stroulia (2020), desenvolveram uma linguagem extensível de domínio específico para viabilizar a verificação automatizada em projeto de arquitetura de interiores (ambientes internos de uma edificação comercial). Kater e Ruschel (2020), executaram um conjunto de regras em um projeto de um edifício residencial com base na regulamentação de incêndio do estado de São Paulo.

Diante dos resultados e análises obtidas na RSL, foi possível compreender as principais vias de utilização da série de uso do modelo BIM 4000 baseado em Succar (2015), assim como, categorizar as classes de problemas e identificar as pesquisas que mais se aproximavam do objeto desta dissertação. Dos artefatos identificados no Uso do Modelo relacionado ao uso 4050, apenas uma pesquisa abordava uma proposição a respeito de uso de um framework para a verificação automatizada de regras (SOLIMAN *et al.* 2020), evidenciando a carência de estudos sob essa perspectiva.

4 COMPREENDENDO O OBJETO DE ESTUDO

Este capítulo apresenta a revisão do arcabouço teórico a respeito de Aeroportos e Terminais de Passageiros e o problema de pesquisa (apresentado no **Capítulo 1**). Além do mais, apresenta os resultados das entrevistas realizadas pelo pesquisador junto as equipes de projetistas (escritório de projeto arquitetura) e analistas de projeto aeroportuário da SAC e INFRAERO.

4.1 Terminais de Passageiros (TPS)

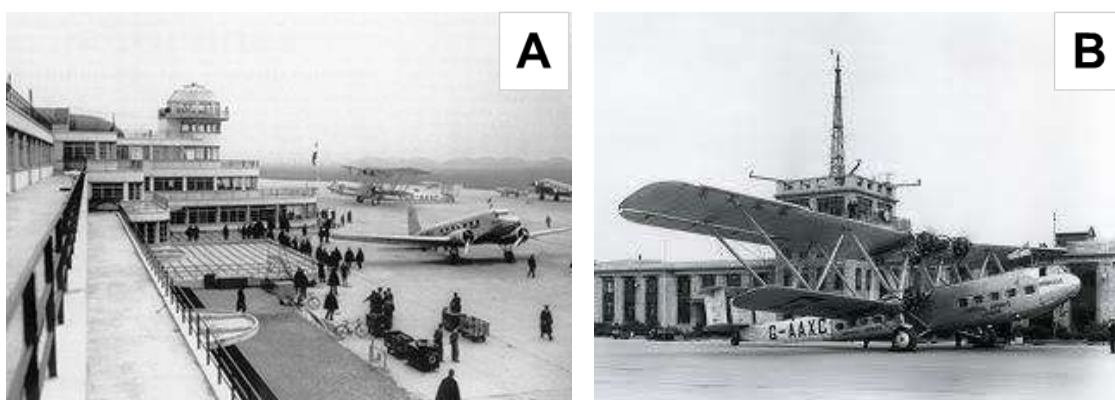
O conceito de TPS surge no período entre guerras (1918-1939), período em que, na Europa, já se “criavam as malhas de rodovias aéreas ligando as principais capitais” (SALGUEIRO, 2006). As primeiras instalações e tipologias designadas como aeroportos surgiram na década de 1920. As instalações centralizadas, também nomeadas de terminais de unidade simples, eram estabelecimentos com um único recinto que dispunha de infraestrutura básica para o processamento de passageiros e bagagens. Ali aconteciam as atividades de bilhetagem, pesagem, embarque e desembarque do pequeno fluxo de usuários do transporte aéreo (YOUNG; WELLS, 2014). Os espaços de atendimento desses primeiros terminais se assemelhavam aos utilizados em ferrovias, havendo ainda no local escritórios de administração aeroportuária e instalações de controle de tráfego aéreo (FLEMMING, 2011).

Com o advento da aviação no campo militar após a primeira guerra mundial (1914-1918), a aviação passou a operar comercialmente. Wood (1940) expõe que os primeiros aeroportos do planeta, citando dentre estes o Aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro, instalaram-se entre o final do século XX e a década de 1940. Conforme os autores, tratava-se de prática comum a construção de aeroportos em áreas aterradas, de maneira que garantisse uma posição estratégica para operar tanto os procedimentos de pouso e decolagem aquáticos (hidroaviões) como terrestres. Diversos aeroportos foram implantados em tal situação, como o de Kastrup, em Copenhagen, Oakland (Califórnia), La Guardia (Nova Iorque), Dinner Key (Miami), dentre outros (YOUNG; WELLS, 2014).

Apesar da existência, em um primeiro momento, de aeródromos que possuíam uma infraestrutura para pista de pouso e decolagem, áreas destinadas à

manutenção das aeronaves, nesta época não existiam ainda os Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários. Com o início dos voos comerciais, houve a necessidade de criação de um espaço que acomodasse os passageiros para embarque e desembarque. Tanto o aeroporto de Paris, Le Bourget, quanto o aeroporto de Londres, Croydon, simbolizavam as primeiras edificações arquitetônicas contendo uma infraestrutura que possibilitava acomodar os passageiros convenientemente e promovendo a conexão entre o lado terra para o lado ar e vice-versa (Figura 30).

Figura 30 - Aeroporto de Paris Le Bourget (1919) e (B) Aeroporto Croydon, Londres (1915)

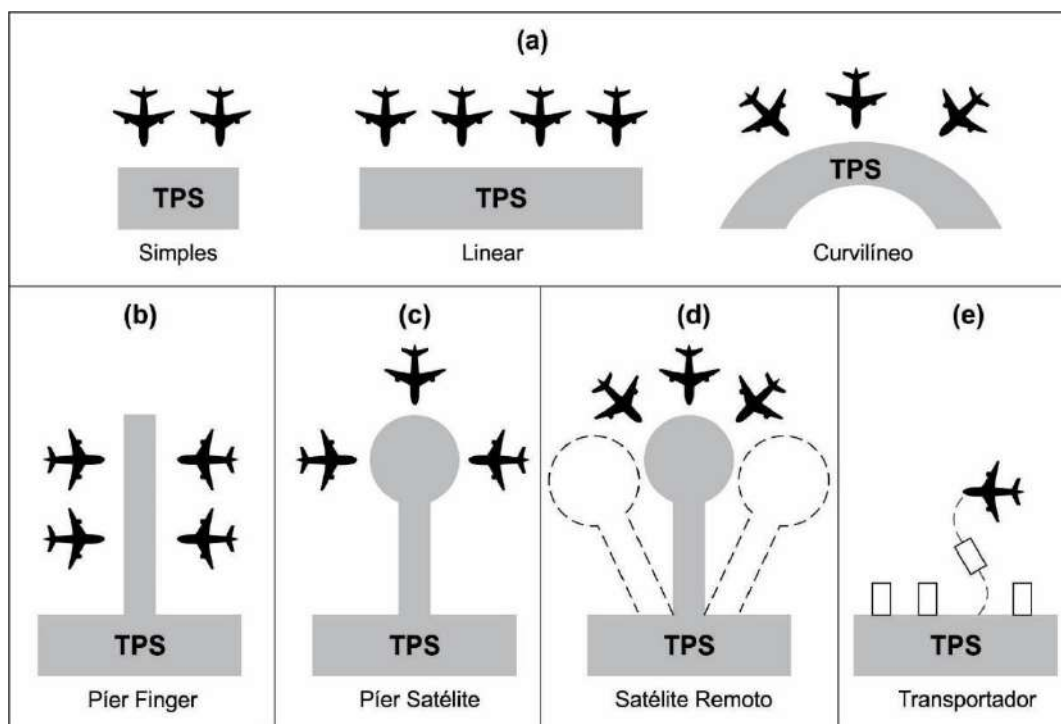


Fonte: Le Bourget (A); Historic Croydon Airport (B).

Esses dois aeroportos junto ao aeroporto de Tempehof, na Alemanha, simbolizaram esse ponto de inflexão com relação ao surgimento dos TPS (SALGUEIRO, 2006).

Após o término da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) a indústria aeroviária continuou a se expandir, impactando diretamente na construção dos terminais aeroportuários. Diversas empresas passaram a operar em um mesmo aeroporto, elevando a demanda, fazendo com que os TPS se adequassem a essa nova realidade. Isso fez influenciar diretamente no surgimento de novas composições arquitetônicas do ponto de vista formal (Figura 31), dentre elas, pode-se destacar: terminais de chegada em portão, terminais pór finger, terminal pór satélite, terminal satélite remoto e terminais transportador (YOUNG; WELLS, 2014).

Figura 31 - Novos conceitos de TPS (a partir da década de 40)

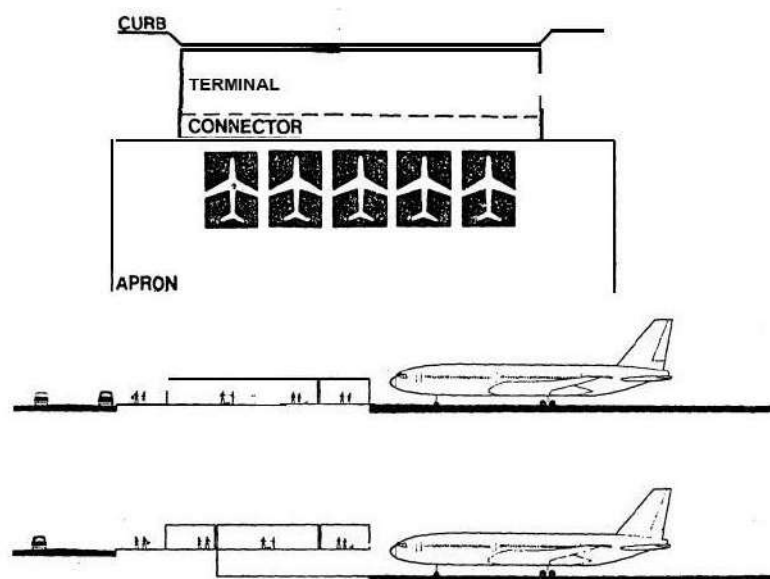


Fonte: Adaptado de Young e Wells (2014)

Os terminais de chegada em portão (tipos simples, linear, curvilíneo), são concebidos e dimensionado para um número, mais ou menos, restrito de aeronaves, de modo a manter as distâncias, para os passageiros, em níveis razoáveis, permite que todas as aeronaves, ou maior número delas possam estacionar em frente ao edifício (Figura 32).

Em aeroportos com menores volumes de tráfego é possível ter-se áreas terminais centralizadas com esse tipo de terminal. Quando o tráfego cresce um terminal inteiramente novo passa a ser necessário, embora com descentralização da área terminal (ANDRADE, 2007, p.75).

Figura 32 - (A) Terminal Linear / (B) Aeroporto Internacional dos Guararapes - Recife /PE (tipo linear)



(A)



(B)

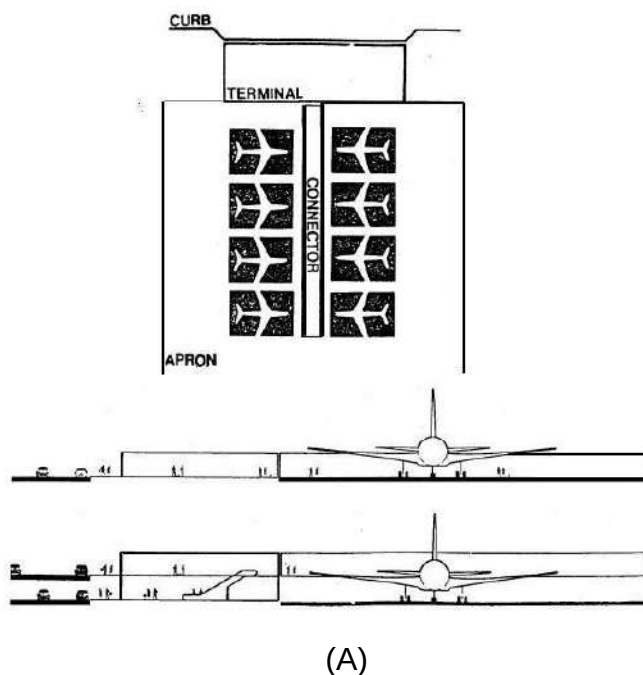
Fonte: FAA (1988); Moretti (2005)

Os terminais tipo Píer Finger (Figura 33),

apresentam como principal diferença, corredores, que se estendem a partir do seu corpo principal, como interface entre o edifício e as aeronaves, com o aumento do tráfego, à medida que foram ficando mais extensos, a função desse pier fingers foi se tornando mais complexa, com salas de embarque junto aos portões, além de sanitários, café, lojas e outras amenidades para os passageiros. Equipamentos de transporte de passageiros, como as esteiras rolantes⁵, ajudam a vencer as maiores distâncias (ANDRADE, 2007, p.69).

⁵ Solução de mobilidade utilizada para o transporte de pessoas com bagagens nos aeroportos.

Figura 33 - (A) Terminal Finger / (B) Aeroporto Kansai - Osaka / Japão (tipo finger)

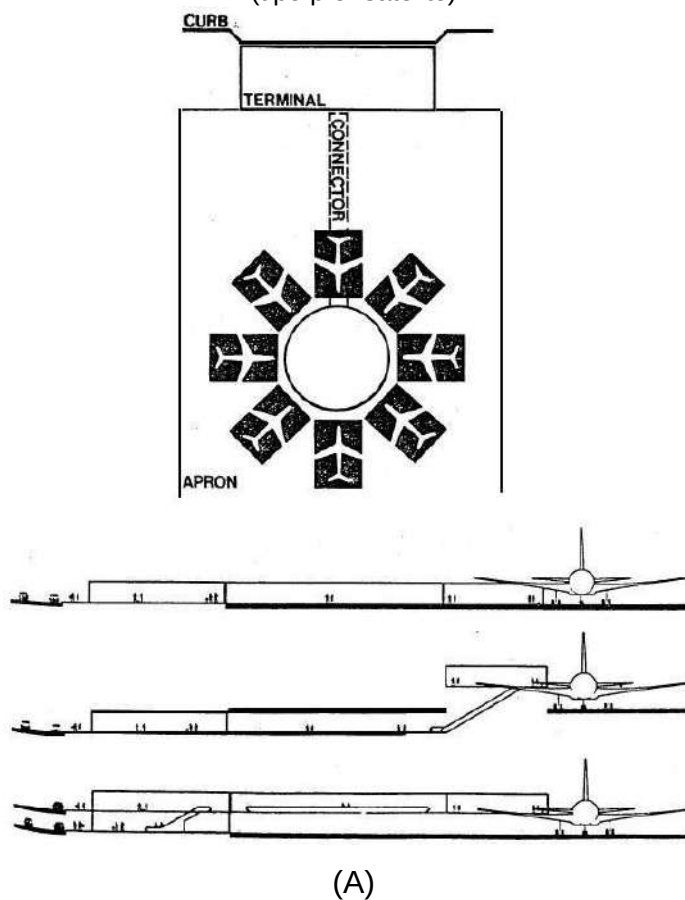


Fonte: FAA, 1988; Fonte: <http://asia.blog.terrapinn.com/aviation/2016/12/05/kansai-airports-reimagining-what-the-airport-can-be/> (acessado em 13 jan. 2021)

Os terminais Píer Satélite (Figura 34),

combinam as duas soluções contidas na sua designação, com corredores, que partem dos edifícios centrais e têm suas extremidades alargadas, assumindo formas e proporções que se aproximam das formas dos terminais satélites. Dependendo da configuração assumida em diferentes aeroportos, esse tipo de solução poderá se aproximar mais, ou menos, das características específicas de um, ou de outro (ANDRADE, 2007, p.72).

Figura 34 - (A) Terminal Satélite. Fonte:FAA, 1988 (B) Aeroporto de Huston – Texas / EUA (tipo píer satélite)



Fonte: <https://www.dallasnews.com/business/airlines/2020/10/12/southwest-airlines-will-expand-to-houston-intercontinental-chicago-ohare-airports-in-early> (acessado em 13 jan. 2021)

Os terminais Satélite Remoto (Figura 35),

são constituídos por um edifício principal e por um ou mais edifícios complementares. Estes, com formas geométricas variáveis, são ligados ao edifício principal por meio de corredores que podem tanto ser térreos, como subterrâneos ou aéreos. O edifício principal centraliza todas as operações

mais importantes de processamento dos embarques e desembarques dos passageiros. Nos satélites, em torno dos quais se posicionam as aeronaves, situam-se os portões e as salas de embarque e, também, facilidades e conveniências para os passageiros (ANDRADE, 2007. p.71).

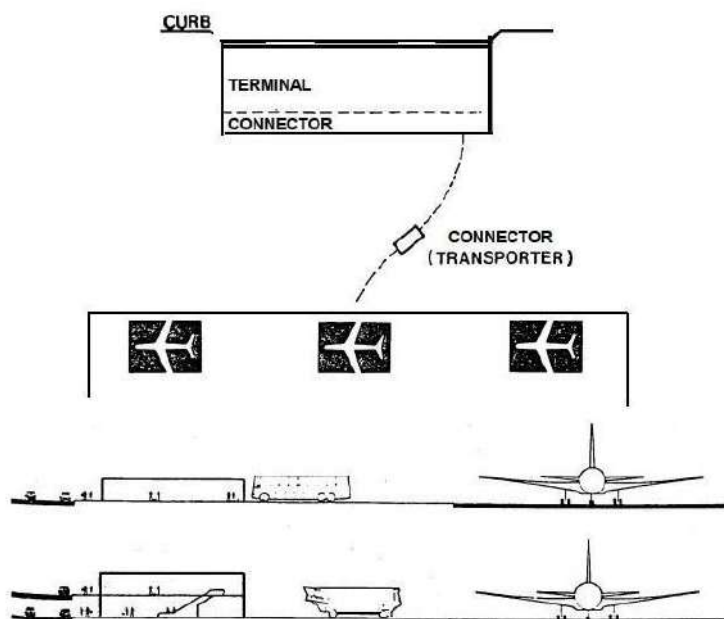
Figura 35 - Aeroporto Internacional de Brasília (tipo pír satélite)



Fonte: <https://aeroin.net/aeroporto-brasilia-operacoes-abril-21-pousos-decolagens-dia/> (acessado em 13 jan. 2021)

Os terminais “*Transporter*” (transportador) possibilita a separação entre o TPS e o Pátio de aeronaves (Figura 36). Nestes, onde a conexão dos passageiros para as aeronaves é realizada através de veículos especiais (*people mover*). Esse tipo de solução possui algumas características próprias, como o tratamento diferenciado do tráfego de transferência nos terminais de pátio, centralização das instalações destinadas ao tráfego origem destino, flexibilidade para crescimento e adaptação a mudanças tecnológicas em grau relativamente mais elevado, comparado aos outros conceitos de TPS e a liberação da área entre o sistema de pistas apenas para os setores componentes do terminal que fazem interface com as aeronaves (ANDRADE, 2007. p.79).

Figura 36 - (A) Terminal Transporter. Fonte: FAA, 1988 (B) Aeroporto Internacional de Dulles Washington - Eero Saarinen.



(A)



(B)

Fonte: <https://www.archdaily.com/102060/ad-classics-dulles-international-airport-eero-saarinen/5037f52928ba0d599b00067f-ad-classics-dulles-inte>

A Tabela 8 apresentada na página seguinte demonstra as vantagens e desvantagens de cada tipologia, assim como as suas limitações comparadas às demais tipologias.

Tabela 8 – Comparação dos tipos de TPS

Tipologia (TPS)	Vantagens	Desvantagens
Linear	Possui facilidade de ampliação tendo em vista simplicidade da sua forma, integração satisfatória com o lado terra reduzindo distância para acesso ao TPS.	Limitado a um número restrito de passageiros na hora pico.
Pier Finger	Possibilidade de operar volumes de tráfego relativamente grande. Demanda menor área para construção do TPS.	Aumento da distância entre o caminho de acesso às aeronaves devido a forma do TPS.
Pier Satélite	Possibilidade de operar volumes de tráfego relativamente grande. Demanda de menor área construída para o TPS.	Probabilidade de ocorrência de congestionamentos e transferências entre vôos mais complexas.
Transporter	Permite um volume de tráfego elevado. Possibilita maior capacidade de expansão e flexibilidade do TPS.	Dificuldade de lidar com o tráfego de transferência do lado terra para o lado ar e vice-versa.
Híbrido	Permite a combinação de pontos fortes específicos das demais tipologias.	Demanda de uma área de construção maior que as demais tipologias.

Fonte: Adaptado de Andrade (2007)

4.2 Aeroportos e Aeródromos

Segundo o Art.27 do Código Brasileiro de Aeronáutica (1986), “aeródromo é toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves”, podendo ser classificados como civis e militares. A diferença entre aeródromos e aeroportos, é que os aeroportos apresentam instalações e facilidades específicas de infraestrutura básica para operações de aeronaves, embarque e desembarque de pessoas e cargas, em suma, a diferença entre aeródromo e aeroporto é a existência ou não da infraestrutura básica de instalações e facilidades.

4.2.1 Dimensionamento dos TPS

Existem diferentes maneiras de estabelecer diretrizes para dimensionamento de um TPS. Seja através da área do terminal, seja por meio de itens específicos a determinado componente no TPS. Dentre os diversos métodos para dimensionamento, pode-se destacar: Métodos Analíticos e Métodos Empíricos (Tabela 9).

Tabela 9 - Métodos de dimensionamento na literatura

Tipo (métodos)	Documento de Referência
Métodos Analíticos	IATA (1975)
	INFRAERO (1988)
	Marte; Seneviratne (1995)
	Zaniewski (1974)
Métodos Empíricos	Alves (1981)
	Braaksma (1983)
	CECIA (1980)
	FAA (1988)
	ICAA (1979)
	STBA (1983)
	TRB (1987)
	Widmer (1988); Silva (1986)

Fonte: Adaptado de Medeiros (2004)

Além da abordagem específica quanto aos métodos de dimensionamento, os TPS são concebidos através de parâmetros relacionados aos níveis de serviço (IATA, 2004) sendo eles: alto, bom ou regular. A partir dessa classificação é possível quantificar e avaliar os níveis de serviço do aeroporto.

Do ponto de vista de categorização, com base em MEDEIROS (2004), os aeroportos são categorizados em: Aeroporto Internacional, Aeroporto Doméstico e Aeroporto Regional. O primeiro grupo refere-se aos aeroportos que operam voos em escala nacionais e voos internacionais. O segundo grupo são os aeroportos que operam voos apenas em território nacional, contemplando mais de uma região. Já, o terceiro grupo refere-se aos aeroportos que operam voos apenas para uma

determinada região do país. Quanto aos níveis de serviços associados a essas três categorias são considerados três níveis (MEDEIROS, 2004, p.80), a saber:

- **nível A** (alto nível de conforto, fluxo livre, sem atrasos);
- **nível B** (bom nível de conforto, fluxo normal, componente em equilíbrio);
- **nível C** (nível de conforto aceitável, fluxo instável, atrasos toleráveis, condições aceitáveis por pequenos períodos, capacidade limite do sistema).

Mediante a classificação dos níveis de serviços, os componentes operacionais do TPS poderão ser avaliados com base nos parâmetros estabelecidos dos métodos de dimensionamento. Um exemplo de avaliação de nível de serviço de um componente do TPS é o Saguão de Embarque considerando dois tópicos: dimensionamento (m^2 / usuário); e quantidade de assentos (% do nº de usuários) apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 - Avaliação nível de serviço (saguão de embarque)

Saguão de embarque			
Nível de serviço	Índice de dimensionamento (m^2 / usuário)		
	Tipo de Aeroporto		
	Internacional	Doméstico	Regional
A – Alto	2,50	2,20	1,80
B – Bom	2,00	1,80	1,50
C - Regular	1,60	1,40	1,20

Fonte: Alves (1981), Braaksma (1983), FAA (1988), ICAA (1979), STBA (1983); TRB (1987)

Tabela 11 - Avaliação nível de serviço (quantidade assentos)

Saguão de embarque - assentos		
Nível de serviço	Quantidade De Assentos (% do nº Usuário)	
	Com sala pré-embarque	Sem sala pré-embarque
A - Alto	25	70
B - Bom	15	60
C - Regular	10	50

Fonte: FAA (1988)

Esses dois exemplos ilustram bem a maneira na qual o TPS é avaliado do ponto de vista do nível de serviço, além desses parâmetros apresentados (Tabela 9 e 10) com relação ao saguão de embarque existem outros parâmetros a serem considerados para cada componente do TPS.

4.2.2 Conceitos Operacionais

Com relação aos conceitos operacionais de um terminal de passageiros, segundo Andrade (2007).

As grandes diferenças existentes entre os terminais, permitiram, não obstante, reconhecer tipos de soluções que são comuns, cada qual com características físicas e operacionais próprias aos quais se convencionou chamar de conceitos operacionais como espécie de “partidos”. No entanto, e ao mesmo tempo, um pouco mais e um pouco menos do que “partidos”. Um pouco mais por que, além de propostas de distribuição espacial de algumas das funções, como nos partidos, envolvem, também, a integração e a articulação de um número muito grande de sistemas e de equipamentos e caracterizam um modo específico de operar a transferência dos passageiros, fora e dentro dos edifícios. Menos porque não lidam com outros elementos que são caros à arquitetura como, por exemplo, as proporções externas das edificações, a qualidade dos espaços internos ou aspectos construtivos (ANDRADE, 2007).

Dentre os diferentes fatores que influenciam na formulação dos conceitos operacionais, Andrade (2007) estabeleceu uma lista de fatores relevantes apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Conceitos Operacionais

Conceitos Operacionais (relevantes)	Fatores adicionais
1. Tráfego Aéreo	1. Segurança
2. Necessidade de equilíbrio entre as instalações	2. Comércio e Serviços
3. Flexibilidade	3. Novas tecnologias disponíveis
4. Tipos de aeronaves	
5. Bagagem aérea	
6. Meios de acesso terrestres aos aeroportos	
7. Acesso às aeronaves / meios de transporte interno de passageiros	

Fonte: Adaptado de Andrade (2007)

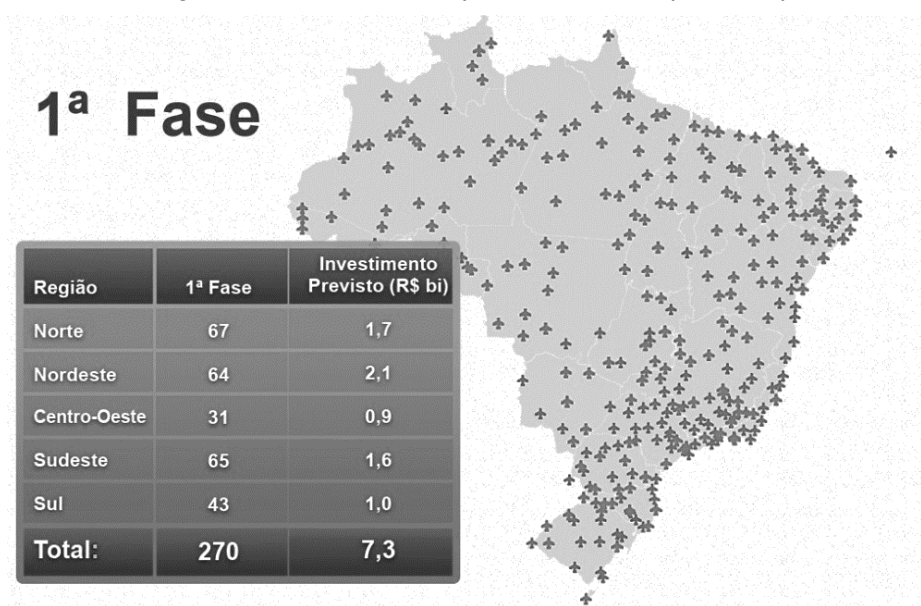
As informações apresentadas acima evidenciam o quão complexo e desafiador é conceber um projeto arquitetônico de um Terminal de Passageiros Aeroportuário, considerando todas as suas peculiaridades e pré-requisitos normativos e operacionais, além das questões funcionais e formais quanto ao projeto arquitetônico. Essa variedade de condicionantes a serem atendidas na fase do desenvolvimento do projeto, acabam demandando um elevado gasto de energia e tempo por parte da equipe de analistas de Projeto Arquitetônico Aeroportuário na fase de avaliação e aprovação desses projetos.

4.3 Um Panorama dos Projetos Aeroportuários em BIM no Brasil

No Brasil, um país com dimensões continentais, o transporte aéreo desempenha uma função estratégica no que diz respeito ao desenvolvimento econômico. Em virtude de uma conjugação favorável de fatores, o Brasil tornou-se um dos países emergentes com maior potencial de desenvolvimento do transporte aéreo. Entre estes fatores destacam-se: 1) dimensão continental do território; 2) alta mobilidade geográfica e social da sua população; 3) acelerado deslocamento das fronteiras econômicas; 4) inserção competitiva nos mercados globais, em vasta gama de bens e serviços; 5) estabilidade monetária no longo prazo e o consequente aumento do poder aquisitivo dos consumidores (BARAT, 2008).

Nos últimos anos, houve algumas iniciativas que visaram impulsionar o desenvolvimento do transporte aéreo brasileiro. Dentre essas, destaca-se o Programa de Investimento em Logística (PIL 2012). Trata-se de uma iniciativa do Governo Federal que visa melhorar a qualidade dos serviços prestados à infraestrutura aeroportuária, a ampliação da oferta de transporte aéreo à população e a revitalização da rede de aviação regional. A primeira fase do programa previu investimentos na ordem de 7,3 bilhões na Infraestrutura regional de aeroportos (Figura 37).

Figura 37 - Investimentos previstos 1ª fase (PIL 2012)

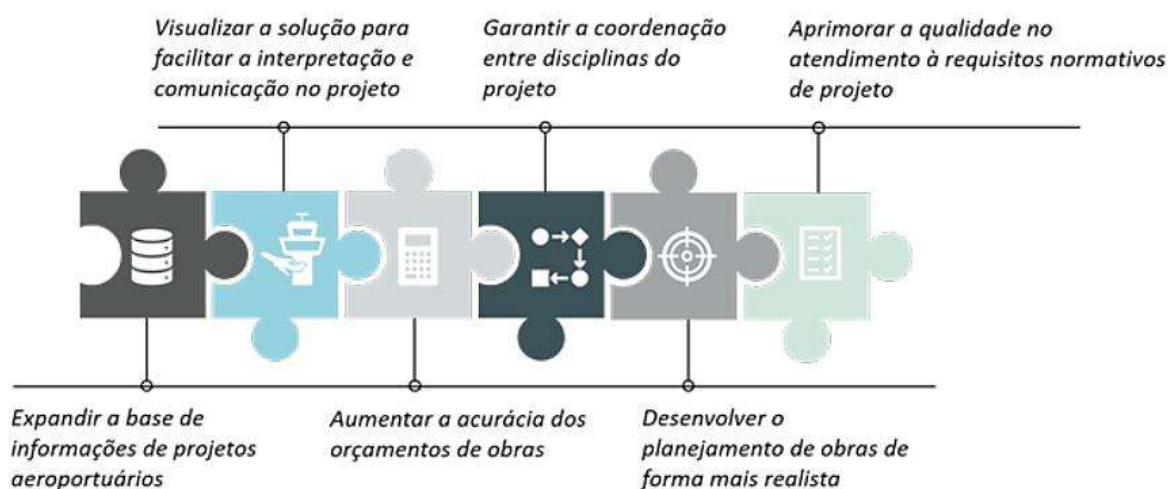


Fonte: PIL (2012)

Nesse contrato do PIL (2021) celebrado junto ao Banco do Brasil com as empresas de consultorias especializadas no desenvolvimento de projetos aeroportuários, especificamente na etapa de Anteprojeto, os projetos foram modelados em Plataforma BIM.

Outro momento importante foi a parceria estabelecida entre a SAC, Ministério da Infraestrutura e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) na publicação do volume único do Manual de Projetos Aeroportuários em 2021. Neste manual, o BIM já está incorporado como parte do conteúdo. Dentre os objetivos estabelecidos pela SAC com relação a implementação do BIM estão presentes: I) Visualizar a solução do projeto para facilitar a interpretação e comunicação no projeto, II) Garantir a coordenação entre disciplinas do projeto, III) Aprimorar a qualidade no atendimento à requisitos normativos de projeto, IV) Expandir a base de informações de projetos aeroportuários, V) Aumentar a acurácia dos orçamentos de obras e VI) Desenvolver o planejamento de obras de forma mais realista (Figura 38).

Figura 38 - Objetivos da SAC com implementação do BIM



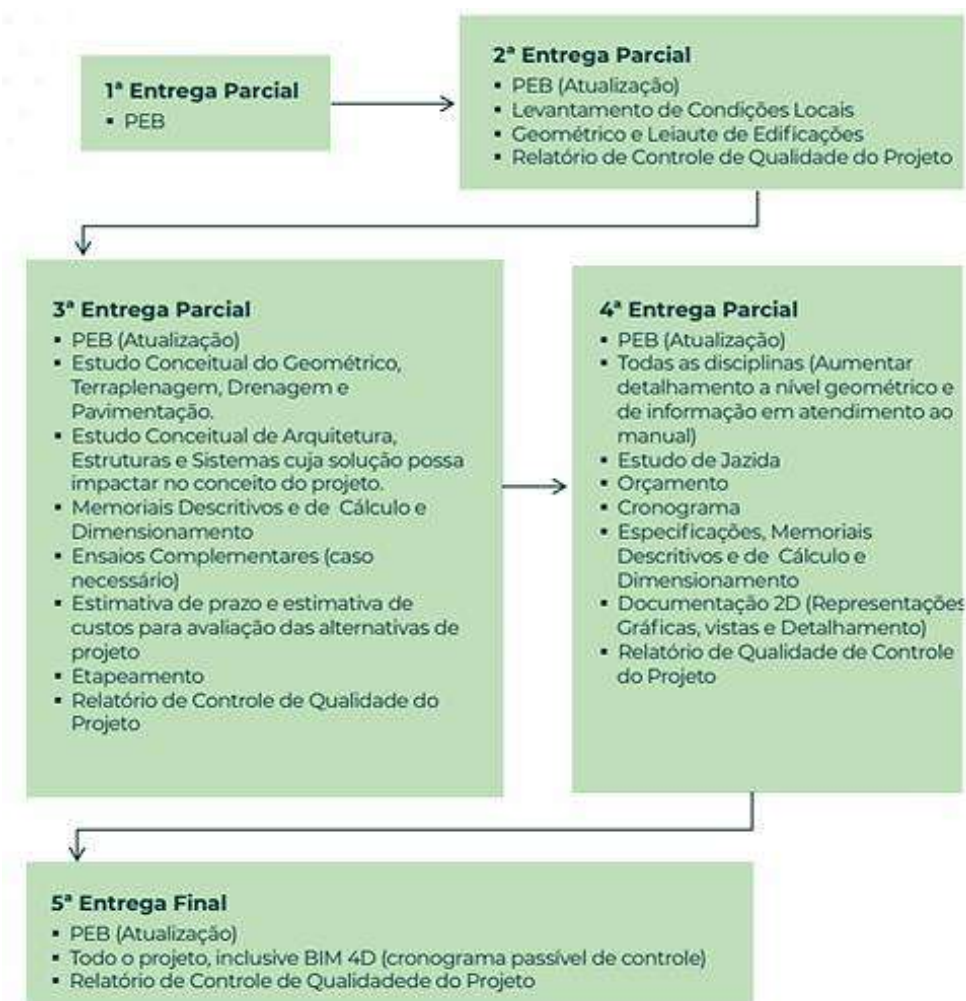
Fonte: SAC (2021)

Com relação aos objetivos e usos BIM associados, a SAC estabeleceu 16 usos específicos, dentre eles: 1) Visualização 3D de modelos e 2) Simulação da construção (associados ao objetivo I), 3) Coordenação 3D com Verificação de Conflitos e 4) Coordenar e colaborar através de sistema WEB / BIM Collaboration Format (associados ao objetivo II), 5) Validação Normativa, 6) Análise Luminotécnica, 7) Análise Estrutural, 8) Verificação de Qualidade de Modelo com Model Checker, 9) Definição do Programa de Necessidades (associados ao objetivo III), 10) Modelagem de condições existentes, 11) Criação e Concepção com Modelos BIM (associados ao objetivo IV), 12) Coordenação 3D com Verificação de Conflitos, 13) Levantamento Automatizado de Quantitativo de Materiais e 14) Criação e Concepção com modelos BIM (associados ao objetivo V), 15) Modelagem de condições existentes e 16) Planejamento das Etapas de Construção – BIM 4D (associados ao objetivo VI).

É importante frisar o interesse da SAC com relação ao objetivo III) Aprimorar a qualidade no atendimento à requisitos normativos de projeto e usos BIM relacionados a Validação Normativa, Verificação da Qualidade do Modelo com *Model Checker* possuem uma relação direta com o uso de *Code Checking* e *Validation* (SUCCAR, 2015) e o problema desta dissertação.

No manual de projetos aeroportuários, a SAC estabelece que os projetos que adotem o BIM, devem considerar no cronograma uma estrutura incremental de entregas a serem previstas durante as fases desenvolvimento do projeto (Figura 39).

Figura 39 - Estratégia de entregas (SAC)



Fonte: SAC (2021)

A primeira entrega contempla o Plano de Execução BIM (PEB). A segunda entrega deve apresentar Relatório de Levantamento das Condições Locais, Projeto Geométrico, Leilante de Edificações, Relatório de Controle de Qualidade do Projeto e atualização do PEB. A terceira entrega deverá apresentar o conceito que será adotado no projeto, focado para as principais especialidades de infraestrutura (Geométrico, Terraplenagem, Drenagem e Pavimentação) e edificações (Arquitetura, Estruturas e Sistemas), cuja solução possa impactar no conceito do projeto, em resposta ao alinhamento realizado na segunda entrega. A quarta será uma complementação da 3ª entrega, aumentando o nível de detalhe geométrico e de informações do modelo (SAC, 2021). Com base nessas duas iniciativas foi possível identificar o interesse desses órgãos competentes pela utilização do BIM em projetos aeroportuários no Brasil.

4.4 Entrevistas (conscientização do problema)

A fim de subsidiar a conscientização do problema desta pesquisa, foram realizadas três entrevistas junto à equipe de especialistas da INFRAERO, de um escritório de Projeto de Arquitetura especializado no desenvolvimento de Projetos Arquitetônicos de Aeroportos e da equipe de especialistas da SAC. O intuito dessas entrevistas foi de compreender as problemáticas existentes tanto do ponto de vista dos profissionais que atuam na fase de desenvolvimento do projeto arquitetônico de projetos de Terminais de Passageiros aeroportuário, quanto dos profissionais que atuam na fase de avaliação e aprovação desses projetos. A Tabela 13 apresenta o protocolo estabelecido para condução das entrevistas. Estas, em virtude da pandemia, ocorreram por meio de videoconferência.

Tabela 13 - Reuniões realizadas (conscientização do problema)

Número / Data	Fonte de Evidência	Tempo (duração)	Participantes	Protocolo (reunião)
01 12/08/2020	Entrevista (videoconferência)	60 min.	Gerente Geral de Obras e Engenheiro Analista (INFRAERO)	Apresentação da pesquisa / conscientização do problema de pesquisa junto a equipe da INFRAERO.
02 25/08/2020	Entrevista (videoconferência)	60 min.	Arquitetos e Urbanistas com elevada experiência no desenvolvimento de projetos aeroportuário	Apresentação da pesquisa / compreender melhor, quais os desafios e limitações enfrentadas pelos projetistas no momento de avaliação dos

projetos.

03	Entrevista	60	Coordenador	Apresentação da
21/09/2020	(vídeoconferên	min.	Geral de	pesquisa /
	cia)		Projetos	conscientização do
			Aeroportuários	problema de
			, Chefe de	pesquisa junto a
			Divisão,	equipe de analistas
			Coordenadora	da SAC.
			(equipe SAC)	

Fonte: O autor (2022)

4.4.1 Entrevista 01 - equipe INFRAERO

A entrevista 01 foi realizada junto a equipe de especialistas de projeto aeroportuário da INFRAERO. O objetivo dessa entrevista foi de entender melhor o problema de pesquisa, assim como, compreender de modo mais detalhado, como se dava o processo de avaliação e aprovação de projetos aeroportuários na INFRAERO.

Abaixo, estão apresentados os tópicos abordados com as reflexões alcançadas:

- Entendimento do problema de pesquisa

Os entrevistados compreenderam o problema de pesquisa apresentado pelo pesquisador e falaram a respeito do processo de certificação aeroportuária que estava acontecendo em alguns aeroportos administrados pela INFRAERO, indagando se seria possível viabilizar o uso de modelos BIM associado a verificação automatizada de regras afim de beneficiar esse tipo de processo. Foi comentado que sim, pois o uso de verificação automatizada de regras pode ser adaptado para diferentes cenários.

- Avaliação de Projetos

Foi comentado pelos entrevistados que a INFRAERO se dedicou há alguns anos com maior ênfase ao processo de avaliação de projetos aeroportuários, porém,

nos últimos 05 anos, a quantidade de projetos analisados pela instituição foi reduzido, priorizando-se na celebração de contratos referente à execução de obras, deixando a parte de avaliação para os demais órgãos competentes.

4.4.2 Entrevista 02 - escritório de projeto (arquitetura)

A entrevista 02 foi realizada junto a um escritório de projetos de arquitetura especializado no desenvolvimento de projeto arquitetônico de terminais de passageiros, o objetivo dessa entrevista foi de compreender melhor, quais os desafios e limitações enfrentados pelos projetistas no momento de avaliação dos projetos arquitetônicos aeroportuários junto aos órgãos competentes tais como: SAC, INFRAERO, etc.

- Entendimento do problema de pesquisa

Os entrevistados compreenderam o problema de pesquisa apresentado pelo pesquisador, em um primeiro momento indagaram se esse tipo de uso associado a verificação automatizada de regras do modelo BIM não poderia “engessar” o processo de concepção do projeto, tendo em vista que, as intenções projetuais não se limitam apenas ao atendimento de requisitos normativos, mais também se relacionam as questões subjetivas dos usuários para com o espaço concebido, por exemplo: uma solução de projeto que promova intencionalmente uma circulação na área do saguão de embarque contendo caminhos que direcionam propositalmente os visitantes a contemplarem elementos artísticos daquela região onde o aeroporto está inserido, antes de seguir para as áreas de Check-in, Raio-X, sala de embarque, dentre outras áreas.

Foi explicado aos entrevistados que o intuito da utilização de verificação automatizada de regras não visava “engessar” o processo criativo do arquiteto, muito pelo contrário, visava automatizar a verificação de requisitos relacionados a questões não subjetivas do projeto, como por exemplo: verificar se todas as portas de banheiros acessíveis possuem 0,90m de largura e abrem para fora do ambiente.

Ou seja, uma vez que esses requisitos não subjetivos passassem a serem verificados automaticamente por um software de análise, tanto a equipe de projetistas quanto a equipe de analistas passariam a dispor de mais tempo para se dedicar a melhoria dos requisitos mais complexos e subjetivos do projeto. Nesse

momento os entrevistados entenderam que a utilização da verificação automatizada poderia ser viabilizada através de diferentes estratégias mediante ao programa de necessidades de cada aeroporto.

- Avaliação de Projetos

Foi comentado pelos entrevistados sobre o elevado tempo e gasto de energia que existe desde o envio da documentação técnica de um determinado projeto de arquitetura do aeroporto, até o tempo em que a equipe de analistas analisa os documentos de maneira analógica (sem a utilização da verificação automatizada de regras) e submetem os Relatórios de Acompanhamento Técnico (RAT) para equipe de projetistas fazerem os ajustes solicitados. Nesse momento foi possível pontuar junto aos entrevistados que o modelo conceitual desenvolvido pelo pesquisador visava tornar mais eficiente o processo de avaliação de projetos arquitetônicos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários com base na Verificação automatizada de regras apoiada no BIM, subsidiando até mesmo na criação de RAT através do próprio software de análise, assim como, ser possível disponibilizar arquivos no formato BIM Collaboration Format (BCF) com os respectivos comentários dos analistas para as equipes de projetistas.

4.4.3 Entrevista 03 - equipe SAC

A entrevista 03 foi realizada junto a equipe de especialistas e analistas de projeto aeroportuário da Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC), o objetivo dessa entrevista foi de apresentar o objeto de estudo desta dissertação a fim de obter respostas que pudessem subsidiar ainda mais o entendimento do problema de pesquisa, assim como, compreender melhor como acontecia naquele momento na SAC no processo de avaliação e aprovação de projetos aeroportuários.

- Entendimento do problema de pesquisa

Os entrevistados compreenderam o problema de pesquisa apresentado, relatando que o mesmo tinha profunda relação com os desafios diários enfrentados pela equipe de analistas da SAC. Nessa ocasião, o coordenador de projetos aeroportuários comentou sobre o interesse da equipe da SAC em poder apoiar o

pesquisador ao longo do desenvolvimento da pesquisa⁶.

- Avaliação de Projetos

Foi apresentado pela equipe da SAC o modelo de Parecer Técnico que a equipe utiliza para avaliar os projetos aeroportuários contendo as informações dos diversos itens analisados em um projeto de um aeroporto com base nos status: não apresentado, atendido parcialmente, atendido e não atendido. Por exemplo, um dos projetos de aeroporto analisado pela equipe da SAC teve cinco pareceres emitidos até a aprovação, tendo o primeiro parecer técnico emitido no dia 12/01/2018 (58 páginas), segundo parecer emitido no dia 12/08/2018 (126 páginas), terceiro parecer emitido no dia 28/01/2019 (74 páginas), quarto parecer emitido no dia 24/04/2019 (56 páginas) e o quinto e último parecer no qual o projeto foi aprovado emitido no dia 02/07/2019 (05 páginas), perdurando 536 dias (17,61 meses), com intervalo médio da emissão entre pareceres de 107,20 dias (3,57 meses), totalizando 319 páginas emitidas referente a análise desenvolvida pela equipe de analistas desde o parecer 01 até o projeto ser aprovado no parecer 05.

Nesse momento foi possível constatar em um caso prático o problema da pesquisa, assim como, poder validar as informações relatadas pela equipe de projetistas referente ao tempo e gasto de energia elevado para que um projeto de um aeroporto seja aprovado junto aos órgãos competentes.

Mediante a realização das três entrevistas no contexto da conscientização do problema foi possível seguir para a etapa referente a construção do artefato com base na abordagem metodológica estabelecida pelo pesquisador.

⁶ Após a realização da entrevista junto a equipe da SAC o pesquisador e seu orientador foram convidados para escreverem o capítulo IV - Controle e Qualidade do Modelo no Manual de Projetos Aeroportuários (SAC 2021) que estava sendo desenvolvido, assim como, serem revisores do manual.

5 CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da Estrutura Conceitual, a partir do desenvolvimento da Fundamentação Teórica (apresentado no **Capítulo 3**) com a Conscientização do Problema de pesquisa e as reflexões alcançadas nas entrevistas de conscientização do problema de pesquisa (apresentados no **Capítulo 4**), e com base no delineamento metodológico (apresentado no **Capítulo 2**).

5.1 Conceituação

A Estrutura Conceitual, foi concebida através de quatro módulos visando promover o aprofundamento teórico referente a utilização da verificação automatizada de regras em modelos BIM, com base nas etapas proposta por Eastman *et al.* (2009), sendo: I) interpretação das regras e sua estruturação lógica de regras para sua aplicação, II) preparação do modelo de construção, III) fase de execução da regra, onde é realizada a verificação automatizada de regras e IV) relato dos resultados do processo de verificação automatizada.

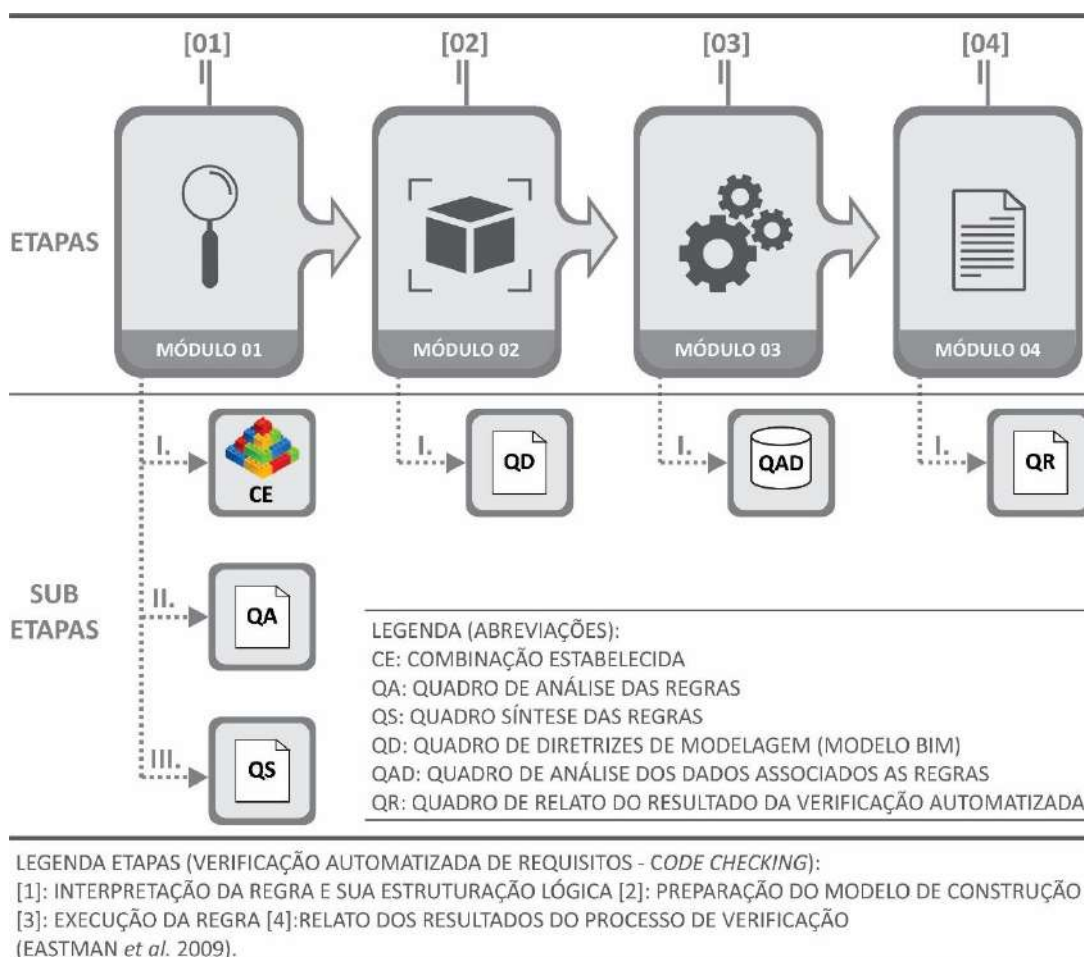
Mediante a compreensão do problema de pesquisa identificou-se que a problemática relacionada ao processo de avaliação de projetos com base na verificação automatizada de regras, não se limitava apenas à criação de regras para avaliar o atendimento ou não atendimento. O desafio maior, além de conceber as regras, está associado a compreender, quais problemas específicos de projeto são pertinentes no momento da avaliação de um projeto arquitetônico de um TPS, quais documentos de referências são importantes para responder os problemas e conduzir um procedimento que vai desde listar os requisitos, preparar o modelo, realizar a verificação automatizada e por fim relatar os resultados da verificação, perpassando pela escolha do tipo de utilização de CC (EASTMAN, *et al.* 2009), categoria de documento e ou modelo a ser analisado, disciplinas a serem avaliadas, categoria de análise de simulação (SUCCAR, 2015), classificação das regras (SOLIHIN; EASTMAN, 2015), esquema de dados utilizado, assim como, o sistema ou software a serem criadas as regras para verificação automatizada.

Do ponto de vista metodológico esta pesquisa visou conceber um modelo conceitual baseado em um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os seus constructos (MARCH; SMITH, 2015), relacionado ao

sequenciamento entre os quatro módulos proposto pelo pesquisador para a utilização da estrutura conceitual, assim como as subetapas previstas para cada módulo.

O primeiro módulo proposto (**Módulo 01**) contém três subetapas: Combinação Estabelecida (CE), Quadro de Análise das Regras (QA) e Quadro Sínteses das Regras (QS). O segundo módulo (**Módulo 02**), é constituído de uma subetapa: Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD). O terceiro módulo (**Módulo 03**): compõe-se de uma subetapa: Quadro de Análise dos Dados (QAD). Por fim, o quarto módulo (**Módulo 04**) é constituído apenas de uma subetapa: Quadro de Relato do Resultado (QR) da verificação automatizada (Figura 40).

Figura 40 – Arranjo Geral (estrutura conceitual)



Fonte: O autor (2022)

5.2 Documentos de referências para utilização da Estrutura Conceitual

A utilização da Estrutura Conceitual, considerou o conjunto de documentos no

qual os escritórios utilizam para o desenvolvimento de um projeto e as equipes de analistas da INFRAERO e SAC consideram para analisar um determinado projeto de um aeroporto, dentre eles: Memorial Descritivo (MD), Especificações Técnicas Específicas (ETE), Planilha de Serviços e Quantificações (PSQ), Representações Gráficas (RG), Modelo BIM (BIM), Memória de Cálculo e Dimensionamento (MC), essa dissertação fez uso da categoria Modelo BIM, esses itens também estão apresentados no Manual de Projetos Aeroportuário (SAC, 2021).

5.3 Modulação Proposta

A fim de viabilizar a operacionalização da Estrutura Conceitual, foram estabelecidas as diretrizes e informações associadas aos quatros módulos. Assim como, suas correlações com as respectivas subetapas descritas a seguir.

5.3.1 Módulo 01

O **Módulo 01** refere-se à etapa de interpretação das regras e a estruturação lógica de regras para sua aplicação (EASTMAN, *et al.* 2009). Para este módulo foram concebidas 03 subetapas, sendo: subetapa I - formação da Combinação Estabelecida (CE), subetapa II - criação dos Quadros de Análise das regras (QA) e subetapa III - criação do Quadro Síntese das regras (QS), ver Figura 40.

5.3.1.1 Subetapa I - Módulo 01

A subetapa I corresponde à fase de “Combinação Estabelecida” para listagem dos requisitos que participarão da avaliação de um projeto arquitetônico de um TPS feita pela equipe de analistas. Visando facilitar a compreensão da estrutura da “Combinação Estabelecida” foi criada a Figura 42, baseada em um “LEGO” em que as informações necessárias para avaliação do modelo vão sendo organizadas em função de alguns componentes que farão parte da avaliação a ser realizada. Esse “LEGO” proposto é constituído por quatro Níveis de informação, a serem requeridos para a avaliação do modelo.

O **Nível 01** corresponde à base do “LEGO”. Para esse momento, é necessário estabelecer dois tipos de definição: (1) Qual tipo de utilização da verificação automatizada com base nos três tipos possíveis de uso de acordo com Eastman *et*

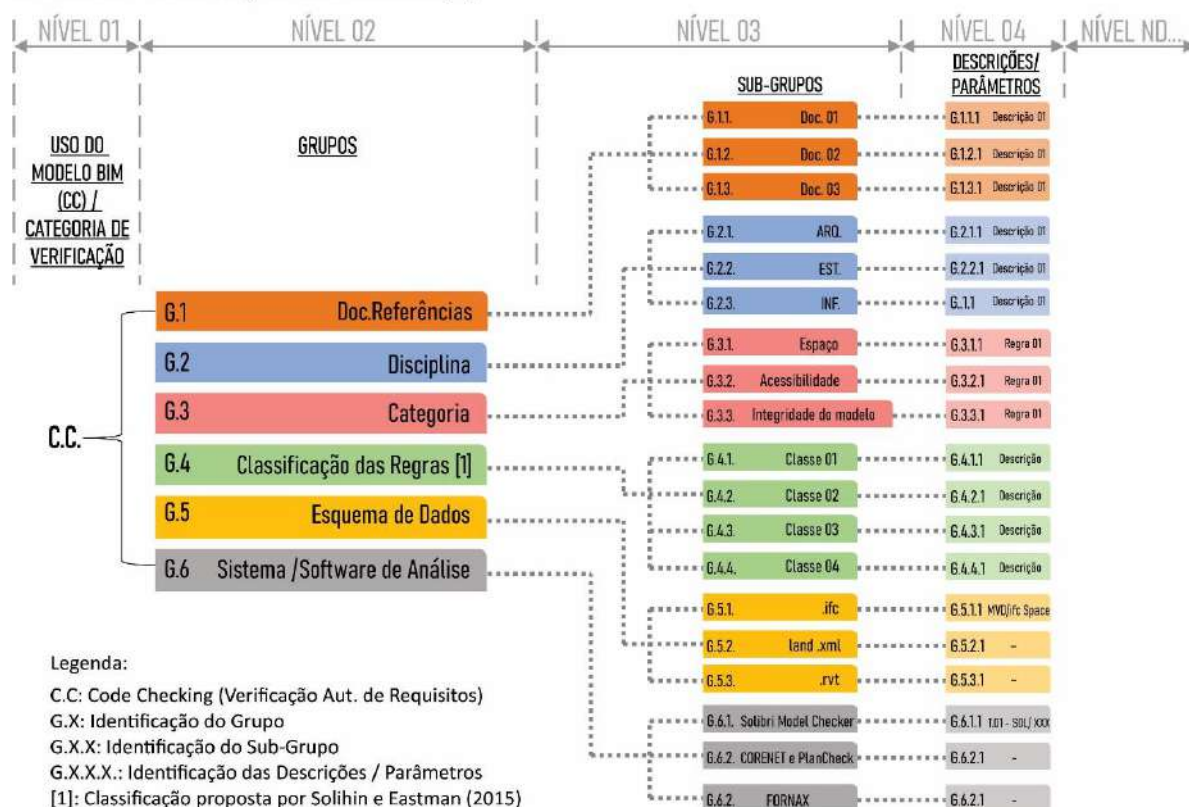
al. (2009) ; e, (2) qual categoria de documento (padrão INFRAERO, SAC, dentre outros documentos) será utilizado.

O **Nível 02**, corresponde a seis grupos: (G.1) Corresponde aos documentos de referências utilizados para criação das regras (normas, manuais, etc); (G.2) Corresponde às disciplinas na qual as regras se enquadram, por exemplo, arquitetura, estruturas, infraestrutura, etc.; (G.3) Corresponde à categoria na qual a regra se insere, por exemplo, espaço, acessibilidade, integridade do modelo; (G.4) Corresponde à classificação das regras de acordo com aquelas estabelecidas por Solihin e Eastman (2015); (G.5) Corresponde em como os dados estão estruturados nos esquemas usados para troca de informação, por exemplo, usando o IFC como esquema de troca de informação, é importante saber quais entidades IFC (*Ifc Entity*) mínimas necessárias para a criação de cada regra; (G.6) Corresponde às informações referente ao tipo de sistema ou software de análise que deverá ser usado para criar as regras e verificar o modelo.

O **nível 03** é constituído pelos subgrupos de informações, relacionados às informações constituintes no Nível 02. Por fim, no **Nível 04** contendo os parâmetros e descrições presentes nas categorias de informações do Nível 03. A Figura 41 apresenta de maneira esquemática a organização e hierarquia desses quatros níveis de informação contidos na “Combinação Estabelecida”.

Figura 41 - Estruturação hierárquica (subetapa I – módulo 01)

HIERARQUIA - COMBINAÇÃO ESTABELECIDA (CE)

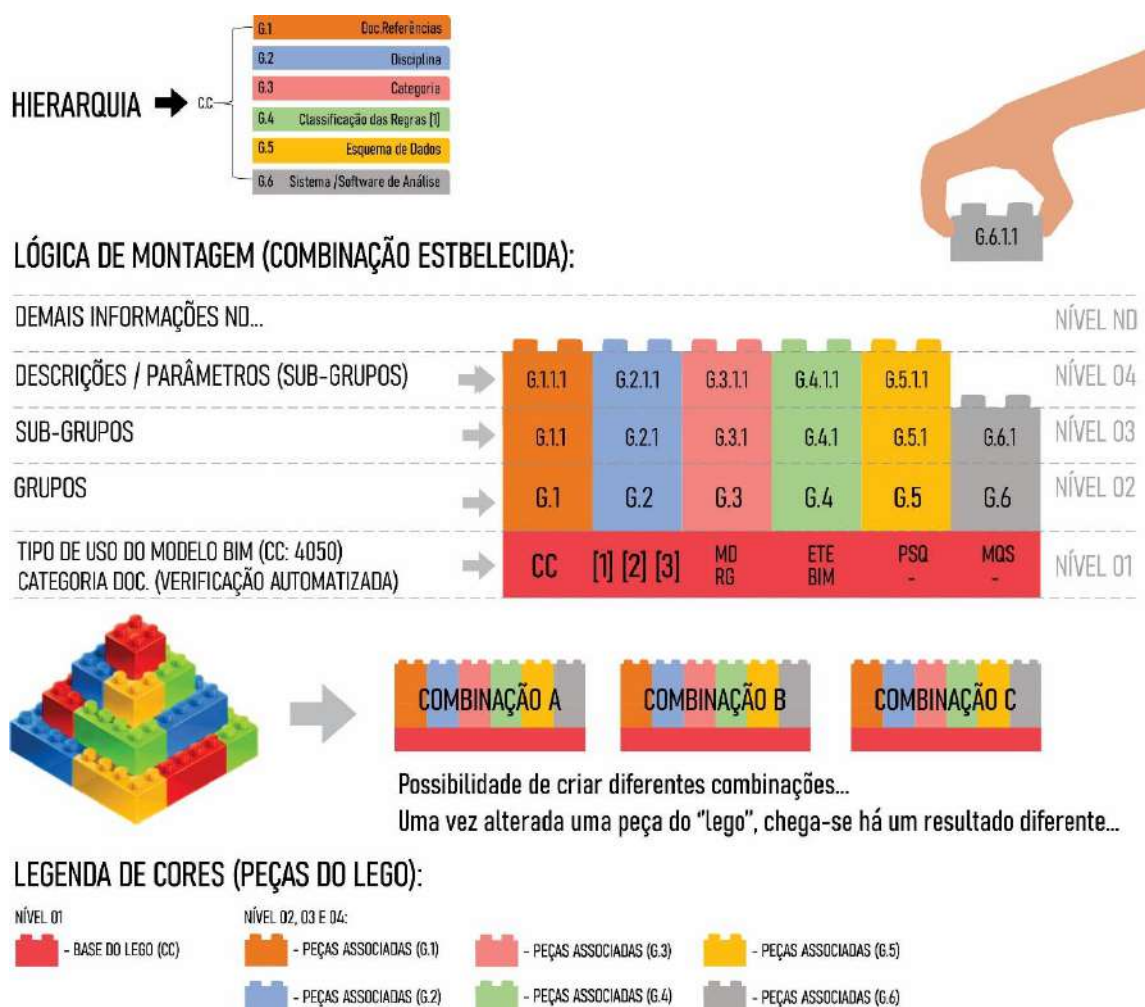


Fonte: O autor (2022)

A proposta da “Combinação Estabelecida” nesta dissertação, é composta de quatro Níveis de informação. Essa limitação à quatro Níveis, deu-se em função do tempo disponível do pesquisador para o desenvolvimento da pesquisa. Porém, foi percebido ao longo da construção do modelo conceitual que seria possível a criação de mais níveis mediante a necessidade de maior detalhamento da “Combinação Estabelecida”, que poderia se dar em função de um estudo mais detalhado nas estruturas de avaliação de projetos.

Uma vez definida a “Combinação Estabelecida”, foi possível conceber a lógica de montagem da estrutura conceitual baseada metaforicamente em um “LEGO” (Figura 42). A base do “LEGO” corresponde ao Nível 01, seguida pelos Níveis 02, 03 e 04.

Figura 42 - Lógica de Montagem (combinação estabelecida - módulo 01)



Fonte: O autor (2022)

Esta lógica de montagem baseada em um "LEGO" representa de maneira figurativa, a possibilidade do analista escolher diferentes "Combinações Estabelecidas" (subetapa I – Módulo 01) em função do perfil do projeto e do tipo de avaliação a ser realizada.

É desejável que haja a correlação entre as peças do "LEGO" e suas respectivas cores associadas: Nível 01 (base do "LEGO"), Nível 02 (Grupos), Nível 03 (Subgrupos) e Nível 04 (Descrições e parâmetros). É importante destacar que para uma maior coerência, entre esses Níveis, foi proposto que as peças dos Níveis 02, 03 e 04, precisariam estar enquadradas nas mesmas cores, pois possuem relações diretas (dados e parâmetros) umas com as outras. A depender do nível de complexidade da avaliação, as "Combinações Estabelecidas" a serem criadas, poderão necessitar do acréscimo de novas peças do "LEGO", desde que, sejam

mantidos os padrões de cores, ou seja, preservadas as categorias de informação correlatas. Por exemplo, novas peças a serem inseridas no nível 03 do grupo 01, devem ser encaixadas sobre as peças da cor correspondente no nível 02 e assim sucessivamente.

Espera-se que outros pesquisadores possam tirar proveito dessa lógica de montagem utilizando as “peças” específicas mediante as suas necessidades a fim de obterem resultados específicos para o uso de CC em projetos aeroportuários assim como, avaliando a viabilidade de uso dessa proposta em outros tipos de projetos. Nos próximos itens são apresentados cada um dos Níveis, de maneira detalhada, com a explicação sobre a sua origem e quais os trabalhos que foram usados como referência para a fundamentação dos mesmos.

As informações contidas no **nível 01** (subetapa I) referem-se aos usos da informação de modelos BIM baseado em Succar (2015), enquadrados no grupo categoria II - Usos de Domínio referente a série 4000 (simulação e quantificação). Nesta série encontra-se o uso destinado à Verificação de Código e Validação (*Code Checking e Validation*) compreendido pelo código 4050. Além das informações referentes ao uso do modelo, este modelo conceitual foi concebido considerando os três tipos de uso de CC (EASTMAN *et al.* 2009), sendo:

- Uma aplicação desenvolvida para funcionar em outra plataforma, como um plug-in, permitindo a verificação em qualquer momento que o projetista desejar;
- Como um software de computador, paralelo ao software de projeto;
- Como aplicativo baseado na web, que aceita o projeto derivado de diversas plataformas.

A Tabela 14 apresenta as informações e os campos a serem assinalados (S - Sim ou N - Não) associados ao nível 01 no qual o usuário da EC deverá estabelecer qual será o tipo de uso de CC (EASTMAN *et al.* (2009).

Tabela 14 - Dados Gerais (nível 01)

Tipo de Utilização - CC	
Uso da informação – BIM [1]	Uso do modelo (<i>Model Use</i>)
Categoria – Uso do modelo BIM (<i>Model Use</i>) [1]:	Categoria II – Usos de domínio (<i>Domain Uses</i>)
Série (usos de domínio) [1]:	Série 4000 - Simulação e quantificação (<i>Simulating & Quantifying</i>)

Código (Code) [1]: 4050 – verificação de código e validação (Code Cheking & Validation)

	Descrição	(S) / (N)
Tipo de utilização – Code Checking [2]:	1. Aplicação / plug-in	-
	2. Software paralelo ao software de projeto	-
	3. Aplicativo baseado na web	-

Documentos de Referências:

[1] Model Uses – Conceptual Structures (SUCCAR 2015)

[2] Eastman *et al.* (2009)

Fonte: O autor (2022)

Uma vez definido o tipo de utilização de CC baseado em Eastman *et al.* (2009) segue-se para o próximo passo do Nível 01 referente à escolha do conjunto de documentos a serem analisados. Na fase das entrevistas realizadas junto às equipes da INFRAERO, SAC e escritório de projeto de arquitetura de TPS (**Capítulo 04**), foi possível identificar os documentos padrões no qual os analistas de projetos aeroportuários realizam a análise. A Tabela 15 resume a lista de documentos e arquivos a serem analisados pelo utilizador da EC. Para esta dissertação foi escolhida a categoria Modelo BIM.

Tabela 15 – Categoria documentos a serem analisados (nível 01)

Descrição	(S) / (N)
Memorial descritivo (MD)	-
Especificações técnicas específicas (ETE)	-
Planilha de serviços e quantificação (PSQ)	-
Memorial de quantificação de serviços (MQS)	-
Representações gráficas (RG)	-
Modelo BIM (BIM)	-
Memória de cálculo e dimensionamento (MC)	-

Fonte: O autor (2022)

Predominantemente os projetos de aeroportos desenvolvidos pelos escritórios de projetos são avaliados com base nesse conjunto de documentos. Uma vez avaliado o projeto, os analistas emitem o documento contendo as respostas ao atendimento ou não atendimento dos itens analisados. A INFRAERO emite um

documento denominado RAT (Relatório de Acompanhamento Técnico), já a SAC emite Parecer Técnico contendo o resultado da avaliação. Ambos possuem o mesmo objetivo de avaliar os documentos técnicos submetidos para análise e aprovação enviados pelas equipes de projetistas.

O **nível 02** (subetapa I) refere-se aos seis grupos associados a: Documentos de Referência (G.1), Disciplina (G.2), Categoria de análise (G.3), Classificação das Regras a serem criadas (G.4), Esquema de Dados (G.5), Sistema / software de análise (G.6) apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Informações Grupos (nível 02)

Nível: 02	Descrição	(S) / (N)
G.1	Documentos de Referência	-
G.2	Disciplina	-
G.3	Categoria	-
G.4	Classificação	-
G.5	Esquema de Dados	-
G.6	Sistema / Software de análise	-

Fonte: O autor (2022)

O grupo um (G.1) refere-se aos documentos de referências (manuais, portarias, normas, etc) no qual serão identificadas, listadas e transcritas nas regras a serem implementadas em um sistema ou software de análise baseado no uso de CC. Mediante o tipo de projeto de Terminal de Passageiros TPS a ser avaliado (novo projeto, reforma, requalificação, retrofit, etc.), caberá à equipe de analistas definir quais documentos serão abordados para viabilizar a verificação automatizada de regras. Para esta pesquisa foi escolhido o documento de referência Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura TPS cód.: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008) devido a este documento possuir um conjunto de requisitos específicos para projeto de TPS.

O grupo dois (G.2) aborda as disciplinas a serem verificadas no processo de verificação automatizada de regras. Caberá a equipe de analistas estabelecerem para cada projeto quais serão as disciplinas de projeto a serem verificadas com uso de CC. Para esta dissertação foi escolhida a disciplina de arquitetura, devido a esta dissertação está enquadrada na área de conhecimento de Arquitetura e Urbanismo.

O grupo 03 (G.3) aborda a categoria de análise dos requisitos baseado em Succar *et al.* (2016) enquadradas na Categoria II (Usos de domínio do modelo)

referente a série simulação e quantificação (4000-4990) associados ao uso *Code Cheking e Validation* (código 4050), com base na RSL desenvolvida, foi percebido pelo pesquisador que o uso de CC acontecia associado a outros tipos de usos do modelo, dessa maneira, essa categoria dispõe dos demais usos além de CC.

O grupo 04 (G.4) refere-se às quatro classes gerais de regras a serem criadas com base em Solihin e Eastman (2015), a escolha de categorizar as classes de regras com este grupo deu-se em função de poder correlacionar os dados associados dos demais grupos a este. Caberá à equipe de analistas definir quais as classes de regras a serem verificadas baseadas em CC.

O grupo 05 (G.5) refere-se ao esquema de dados estabelecido pela equipe de analistas em que os modelos BIM são verificados através do uso de CC. Por exemplo, caso seja estabelecido a utilização de CC (nível 01 - subetapa I) através de um software paralelo ao software de projeto sendo escolhido o SMC, o formato estabelecido nesta pesquisa foi o IFC, tendo em vista que o software SMC escolhido nesta pesquisa realiza a verificação através desse formato.

O grupo 06 (G.6) trata-se da escolha do sistema ou software de análise a ser utilizado para realizar verificação automatizada de regras pela equipe de analistas. Assim como no grupo 05, este grupo tem relação direta com o tipo de utilização de CC estabelecido no nível 01.

É importante frisar que todos os grupos situados no Nível 02 é recomendável que sejam assinalados com a resposta “sim” (S). Caso algum desses grupos tivesse como resposta “não” (N), implicaria em não ser possível criar os respectivos subgrupos (Nível 03), descrições e parâmetros (Nível 04) correspondentes, formando “Combinações estabelecidas” incompletas.

O **nível 03** (subetapa I) refere-se às “peças do LEGO” situadas acima das peças contidas no nível 02, ou seja, para cada “peça” do nível 02, haverá códigos associados à peça acima no nível 03.

Mediante o tipo de projeto de TPS a ser avaliado (novo projeto, reforma, requalificação, retrofit, etc) caberá à equipe de analistas definir quais documentos serão abordados para viabilizar a verificação automatizada de regras. Para esta pesquisa foi escolhido o Memorial de Critérios e Condicionantes – Arquitetura TPS cód.: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008).

A Tabela 17 refere-se ao nível 03 associado ao grupo 1 (G.1), no qual deverão ser selecionados os documentos de referências (manuais, portarias,

normas, etc.) que serão identificadas, listadas e transcritas as regras a serem implementadas em um sistema ou software de avaliação baseado no uso de CC.

Tabela 17 - Documentos de referências (G.1)

Sub-grupos Nível: 03	Descrição	(S) / (N)
G.1.1	RBAC	-
G.1.2	Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura TPS cód.: GE.01/201.75/00947/02	-
G.1.3	Portaria 1141	-
G.1.4	ABNT NBR 9050	-
G.1.5	Outros Documentos...	-

Fonte: O autor (2022)

Uma vez definido o(s) documento(s) de referência, segue-se para a etapa seguinte, referente às informações contidas no subgrupo (nível 03) associado ao grupo 2 (G.2) relacionado às disciplinas a serem verificadas. Para esta dissertação foi escolhida a disciplina de arquitetura (Tabela 18).

Tabela 18 - Categoria disciplinas (G.2)

Subgrupos Nível: 03	Descrição	(S) / (N)
G.2.1	Arquitetura	-
G.2.2	Estrutura	-
G.2.3	Infraestrutura	-
G.2.4	Instalações hidrossanitárias	-
G.2.5	Outras disciplinas...	-

Fonte: O autor (2022)

Escolhida a disciplina a ser verificada, segue para a definição de qual categoria de análise os requisitos escolhidos se enquadram (Tabela 19). As 10 regras criadas nesta dissertação (apresentadas no Apêndice B) 05 estavam contidas no documento de referência Memorial de Critérios e Condicionantes – Arquitetura TPS cód.: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008) e se enquadram na categoria análise do espaço - código 4200 (SUCCAR, 2015). As outras 05 regras se enquadram na categoria de análise da integridade do modelo. A depender dos documentos de referências escolhidos, poderá haver ou não, diferentes categorias

escolhidas.

Tabela 19 - Categorias de análise (G.3)

Subgrupos Nível: 03	Descrição	(S) / (N)
G.3.1	Análise da Integridade do Modelo	-
G.3.2	Análise de Espaço (<i>Code 4200</i>)	-
G.3.3	Análise de Acessibilidade (<i>Code 4010</i>)	-
G.3.4	Análise Estrutural (<i>Code 4210</i>)	-
G.3.5	Outras Categorias...	-

Fonte: O autor (2022)

Após a identificação das categorias (nível 03 - G.3), segue-se para a etapa seguinte relacionada a classificação das regras (SOLIHIN; EASTMAN, 2015). Esta classificação serve para avaliar o nível de informações atribuídas em cada regra a ser criada mediante a sua classificação. Para esta pesquisa foram criadas regras SOL categorizadas na classe 2 (Tabela 20).

Tabela 20 - Classificação das Regras (G.4)

Classificação das regras ¹ (G.4)		
Subgrupos Nível: 03	Descrição	(S) / (N)
G.4.1	Classe 01	-
G.4.2	Classe 02	-
G.4.3	Classe 03	-
G.4.4	Classe 04	-
G.4.5	Outras classes...	-

(¹) Classes propostas por Solihin e Eastman (2015)

Fonte: O autor (2022)

Mediante a identificação das classes das regras (nível 03 - G.4), segue-se para a definição do esquema de dados a ser realizada a verificação automatizada de regras associado ao nível 03 (G.5) apresentado na Tabela 21. No caso da escolha do formato IFC, deverá ser estabelecido o *Model View Definition* (MVD) a ser utilizado. Para esta pesquisa, foi escolhido o formato IFC com o filtro de exportação *MVD Coordination View 2.0* devido a este esquema de dados ser o padrão do SMC para carregar os modelos.

Tabela 21 – Esquema de Dados (G.5)

Subgrupos Nível: 03	Descrição	(S) / (N)
G.5.1	.ifc (MVD: C.V 2.0)	-
G.5.2	land .xml	-
G.5.3	.rvt	-
G.5.4	.pln	-
G.5.5	Outros formatos...	-

Fonte: O autor (2022)

Após a definição do esquema de dados (nível 03 - G.5) segue-se para a definição do software / sistema de análise a ser utilizado pela equipe de analistas de projeto arquitetônico aeroportuário (Tabela 22).

Tabela 22 - Sistema / Software de análise (G.6)

Subgrupos Nível: 03	Descrição	(S) / (N)
G.6.1	Solibri Model Checker (SMC)	-
G.6.2	CORENET E PlanCheck	-
G.6.3	FORNAX	-
G.6.4	Express Data Manager (EDM)	-
G.6.5	SMARTCodes	-
G.6.6	Outros Sistemas / Softwares...	-

Fonte: O autor (2022)

Mediante ao preenchimento de todos os dados contidos no Nível 03 (subetapa I) associados aos grupos: 01, 02, 03, 04, 05 e 06, será possível seguir para o preenchimento dos dados associados ao Nível 04 (subetapa I).

O **nível 04** (subetapa I) refere-se às “peças do LEGO” situadas acima das peças contidas no nível 03, ou seja, para cada “peça” do Nível 03, haverá uma peça com os respectivos códigos associados no nível 04.

A Tabela 23 refere-se a descrições e parâmetros (nível 04) associados às informações contidas no nível 04 do grupo 01 (G.1). Mediante a escolha do documento de referência, será possível listar quantos requisitos serão passíveis de implementação de um processo de verificação automatizada. Para esta dissertação, foram listados 10 requisitos transpostos do documento de referência (G.1) a serem

instanciados no software SMC (apresentado no Capítulo 06).

Tabela 23 - Descrições e parâmetros das regras (G.1)

Descrições e Parâmetros Nível: 04	Descrição	(S) / (N)
G.2.2.1	Requisitos 01 a 10	-
G.2.2.1	Requisitos 11 a 20	-
G.2.3.1	Requisitos 21 a 30	-
G.2.4.1	Requisitos 31 a 40	-
G.2.5.1	Outros requisitos...	-

Fonte: O autor (2022)

Mediante a listagem dos requisitos associados aos documentos de referência selecionados no nível 03 (G.1), segue-se para a as descrições e parâmetros associados ao nível 04 do grupo 02 (G.2).

Para o nível 04 associado ao grupo 02 (G.2), estão separados os requisitos por disciplinas (nível 03 - G.2) com o intuito de facilitar a confecção das RAT's (equipe INFRAERO) e Pareceres Técnicos (equipe SAC) para envio posterior da análise do projeto do TPS às equipes de projetistas (Tabela 20).

Tabela 24 - Descrições e parâmetros (G.2)

Descrições e Parâmetros Nível: 04	Descrição	(S) / (N)
G.2.2.1	Regras 01 a 10	-
G.2.2.1	Regras 11 a 20	-
G.2.3.1	Regras 21 a 30	-
G.2.4.1	Regras 31 a 40	-
G.2.5.1	Outras regras...	-

Fonte: O autor (2022)

Para o nível 04 associado ao grupo 03 (G.3), estão separados os requisitos por categorias de análise (nível 03 - G.3) com o intuito de facilitar a confecção das RAT's e Pareceres Técnicos para envio posterior da análise do projeto do TPS às equipes de projetistas (Tabela 23).

Tabela 25- Descrições e parâmetros dos requisitos (G.3)

Descrições e Parâmetros Nível: 04	Descrição	(S) / (N)
G.3.3.1	Requisitos 01 a 05	-
G.3.2.1	Requisitos 06 a 10	-
G.3.3.1	Requisitos 11 a 20	-
G.3.4.1	Requisitos 30 a 40	-
G.3.5.1	Outros requisitos...	-

Fonte: O autor (2022)

Para o nível 04 associado ao grupo 04 (G.4), estão descritas as classes de regras (SOLIHIN; EASTMAN, 2015). Mediante a escolha da classe a ser utilizada a verificação automatizada, haverá neste nível a descrição correlata (Tabela 24).

Tabela 26 - Descrição das classes de regras (G.4)

Descrições e parâmetros Nível: 04	Descrição	(S) / (N)
G.4.1.1	Regras que requerem um número único ou pequeno de dados explícitos	-
G.4.2.1	Regras que requerem valores simples de atributos derivados	-
G.4.3.1	Regras que requerem estrutura de dados estendida	-
G.4.4.1	Regras que exigem uma “prova de solução”	-
G.4.5.1	Outras classes...	-

Fonte: O autor (2022)

Para o nível 04 associado ao grupo 05 (G.5), estão descritas as informações referentes ao esquema de dados estabelecido (nível 03 - G.5), vale salientar que a definição do formato escolhido está diretamente associado a escolha do tipo de utilização de *Code Checking* estabelecido no nível 01 - Dados Gerais (Tabela 14) baseado em Eastman *et al.* (2009). Caso seja estabelecido mais de um tipo de utilização de CC, poderá haver mais de um formato selecionado e

consequentemente mais entidades a serem listadas (Tabela 27).

Tabela 27 - Entidades relacionadas ao esquema de dados (G.5)

Descrições e parâmetros Nível: 04	Descrição	(S) / (N)
G.5.1.1	IfcSpace/IfcWall/IfcSlab/IfcRoof/IfcFurniture /IfcDoor/IfcWindow/IfcCurtainWall/ IfcFlowTerminal / IfcCovering	-
G.5.2.1	-	-
G.5.3.1	-	-
G.5.4.1	-	-
G.5.5.1	Outras propriedades / entidades...	-

Fonte: O autor (2022)

Para o nível 04 associado ao grupo 06 (G.6), estão listados os templates utilizados com base no software / sistema de análise escolhido (nível 03 - G.6). Para esta pesquisa foi escolhido o software de análise Solibri Model Checker (SMC). A Tabela 27 apresenta os templates SOL utilizados nesta pesquisa.

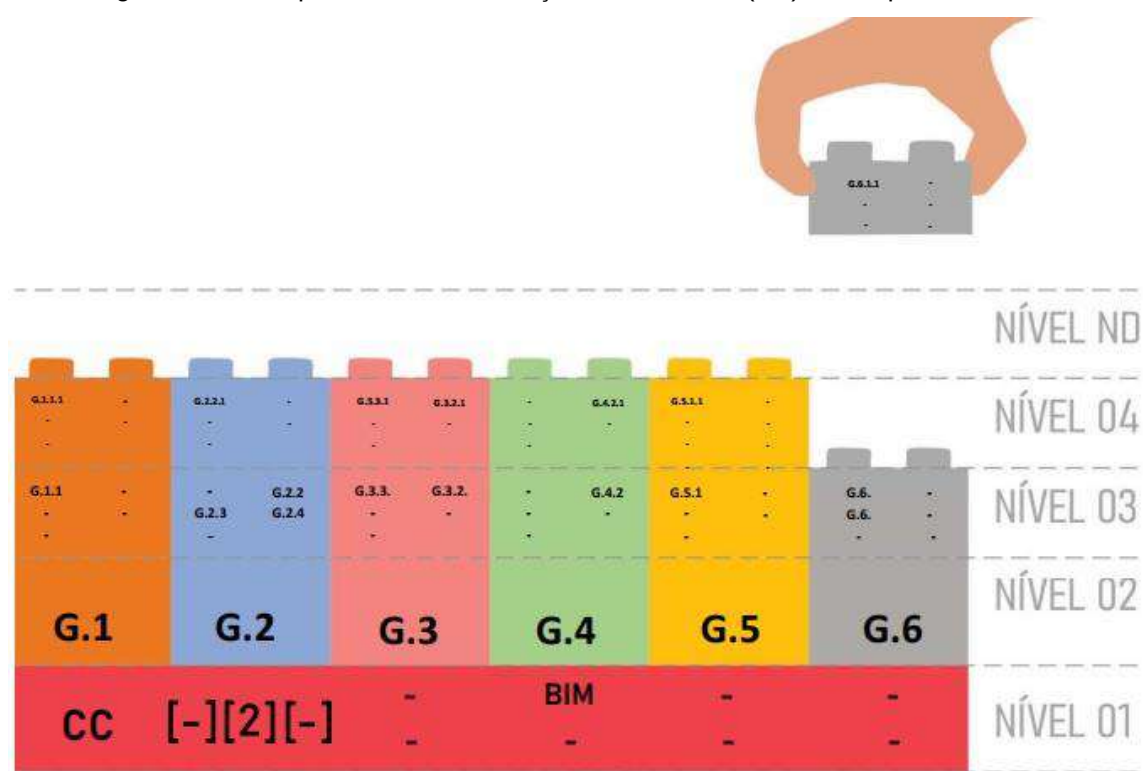
Tabela 28 - Descrições e parâmetros (G.6)

Descrições e Parâmetros Nível: 04	Descrição	(S) / (N)
G.6.1.1	SOL/11, SOL/176, SOL/212, SOL/202, SOL/230	-
G.6.1.2	-	-
G.6.1.3	-	-
G.6.1.4	-	-
G.6.1.5	-	-
G.5.2.1	OUTROS TEMPLATES...	-

Fonte: O autor (2022)

Mediante o preenchimento de todas as informações contidas nos grupos 01, 02, 03, 04, 05 e 06 e seus respectivos subgrupos, descrições e parâmetros chega-se à combinação estabelecida para uso da EC (subetapa I - módulo 01). A Figura 43 demonstra um exemplo de combinação estabelecida inspirada em um lego, de maneira que cada “peça do lego” a partir do nível 03 poderá conter a combinação de códigos específicos, mediante o preenchimento das informações contidas na subetapa I – módulo 01.

Figura 43 - Exemplo de uma combinação estabelecida (CE) subetapa I - módulo 01

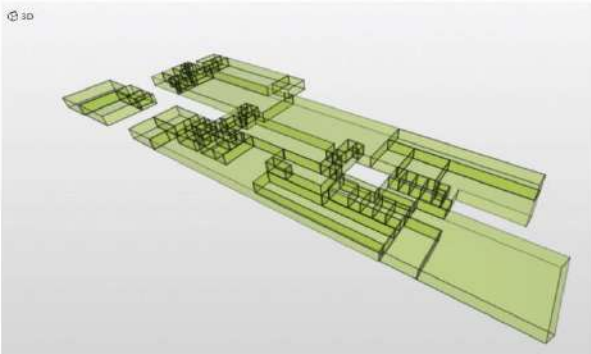


Fonte: O autor (2022)

5.3.1.2 Subetapa II - Módulo 01

A subetapa II refere-se ao desenvolvimento dos Quadros de Análise das Regras (QA). Uma vez formada a combinação estabelecida (Figura 43), será possível desenvolver os quadros de análise associados as regras, os QA irão dispor das informações contidas nos níveis 02, 03 e 04 da combinação estabelecida. Para cada requisito, é recomendável desenvolver um QA (Figura 44).

Figura 44 – Quadro de Análise da Regra (QA) esquemático

Quadro de Análise (QA) - Regra 01																			
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria		Classificação [1]				Formato (IFC)			Software de Análise (SMC)				
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade de Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0			T.01		
														Entidade IFC			SOL /11		
														IfcSpace					
01	Regra 01	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Informações (regra)																			
Descrição: verificação de ambientes (Room / Space) no modelo																			
Condição: ter componentes (Room / Space) no modelo																			
Referências																			
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)																			
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																			
MVD: Model View Definition																			
C.V.2.0: Coordination View 2.0																			
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)																			
Imagem ou Croqui (referência)																			
																			

NÍVEL 02

NÍVEL 03

NÍVEL 04

REFERÊNCIAS (DOC. / INF.)

IMAGEM / CROQUI DE REFERÊNCIA (REQUISITO)

Fonte: O autor (2022)

Em suma, o QA refere-se à caracterização de dados contidos para cada regra a ser criada, servindo para a equipe de analistas como um repositório dos dados associados em cada regra instanciada no software de análise. A Figura 44 apresenta a caracterização dos dados associados a regra 01 instanciada no Solibri Model Checker. As demais regras instanciadas estão apresentadas no Apêndice B desta dissertação.

5.3.1.3 Subetapa III - Módulo 01

A subetapa III refere-se ao desenvolvimento do Quadro Síntese das Regras (QS). Uma vez criados os Quadros de Análise das Regras (QA), será possível desenvolver o quadro síntese, o QS apresentará uma síntese de todos os QA criados (Figura 45).

Mediante a criação da combinação estabelecida (CE) - subetapa I, confecção dos quadros de análise das regras (QA) - subetapa II e criação do quadro síntese das regras (QS) - subetapa III, segue-se para o módulo 02.

5.3.2 Módulo 02

O **Módulo 02** refere-se à etapa de preparação do modelo BIM com base em Eastman *et al.* (2009). Para este módulo foi concebida uma subetapa I destinada ao quadro de diretrizes de modelagem (QD) o intuito deste quadro é auxiliar os projetistas no momento da confecção do modelo BIM com base nos requisitos mínimos necessários para que seja possível viabilizar a verificação automatizada de regras na etapa seguinte.

5.3.2.1 Subetapa I - Módulo 02

A subetapa I corresponde ao preenchimento das informações associadas a Plataforma BIM a ser utilizada para desenvolvimento do modelo, neste quadro haverá as seguintes informações: Plataforma BIM utilizada, Formato nativo da Plataforma BIM, versão da Plataforma BIM e Nível de Definição do modelo BIM (SAC, 2021) a serem preenchidos pelos projetistas. Foi utilizado nesta dissertação a Plataforma BIM Autodesk Revit versão 2019.

Figura 46 – Informações Gerais (QD)

Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - Informações Gerais																					
Descrição	Plataforma BIM (modelagem)						Formato nativo (Plataforma BIM)				Versão (Plataforma BIM)					Nível de Definição (LOD) [1]					
	Revit	Archicad	Building Design	Allplan	QI Builder	Outras Plataformas...	.rvt	.pln	.dgn	Outros Formatos...	2018	2019	2020	2021	Outras versões...	0 - Lev. de Inf. Gerais	1 - estudos de massas, etc.	2 - Anteprojeto	3 - Projeto Básico	4 - Projeto Executivo	5 - As Built
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Referência

[1] Manual de projetos aeroportuários [livro eletrônico] : volume único / [organização Marcio Mafli Fernandes, Leila Cristina Miateli Pires, Adriana Lima Rolim ; ilustração Gabriel Córdova]. -- 1. ed. -- Brasília, DF: Secretaria Nacional de Aviação Civil, 2021

Nota:

O Nível de Definição (LOD) é dividido em: (1) Nível de Detalhe – ND atributos gráfico-geométricos; e (2) Nível de Informação – NI para atributos não-geométricos ou alfanuméricos. Para cada disciplina do projeto é definido o nível requisitado de informação não-geométrica e atributos gráfico-geométrico.

O segundo quadro (Figura 47), refere-se às diretrizes de modelagem associadas aos requisitos a serem verificados, neste quadro haverá as seguintes informações: Listagem das regras, Descrição das regras, Condição para desenvolvimento das regras, Família de componentes utilizados (Plataforma BIM), Família de sistemas utilizada (Plataforma BIM), Família modelada no local (Plataforma BIM) e Diretrizes de Modelagem para desenvolvimento do modelo.

Figura 47 - Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - parcial

Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - Conjunto de Requisitos						
Informações Gerais (regras)			Informações (Plataforma BIM)			Diretrizes de Modelagem
Regras	Descrição	Condição	Família de Componentes utilizados (Plataforma BIM)	Família de Sistema utilizada (Plataforma BIM)	Família Modelada no Local (Plataforma BIM)	
Regra 01	verificação de ambientes (Room / Space) no modelo	ter componentes (Room / Space) no modelo	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo
Regra 02	verificação de níveis (Level) no modelo	ter componente (Level) no modelo	-	Level	-	1. Criar níveis no modelo (Level)
Regra 03	verificação de esquadrias no modelo (com hospedeiro)	todas esquadrias no modelo devem possuir elementos hospedeiros (parede, painel, etc.)	Wall / Door / Windows	-	-	1. Inserir janelas e portas em paredes

Nota: O QD contendo as informações associadas as 10 regras estão apresentadas no Apêndice B
Fonte: O autor (2022)

O QD servirá como elemento de consulta para equipe de projetistas desenvolverem os modelos dos TPS com base nas diretrizes de modelagem estabelecidas. Mediante o desenvolvimento do modelo BIM (a ser elaborado pela equipe de projetistas) com base nas informações contidas no QD, segue-se para o módulo 03.

5.3.3 Módulo 03

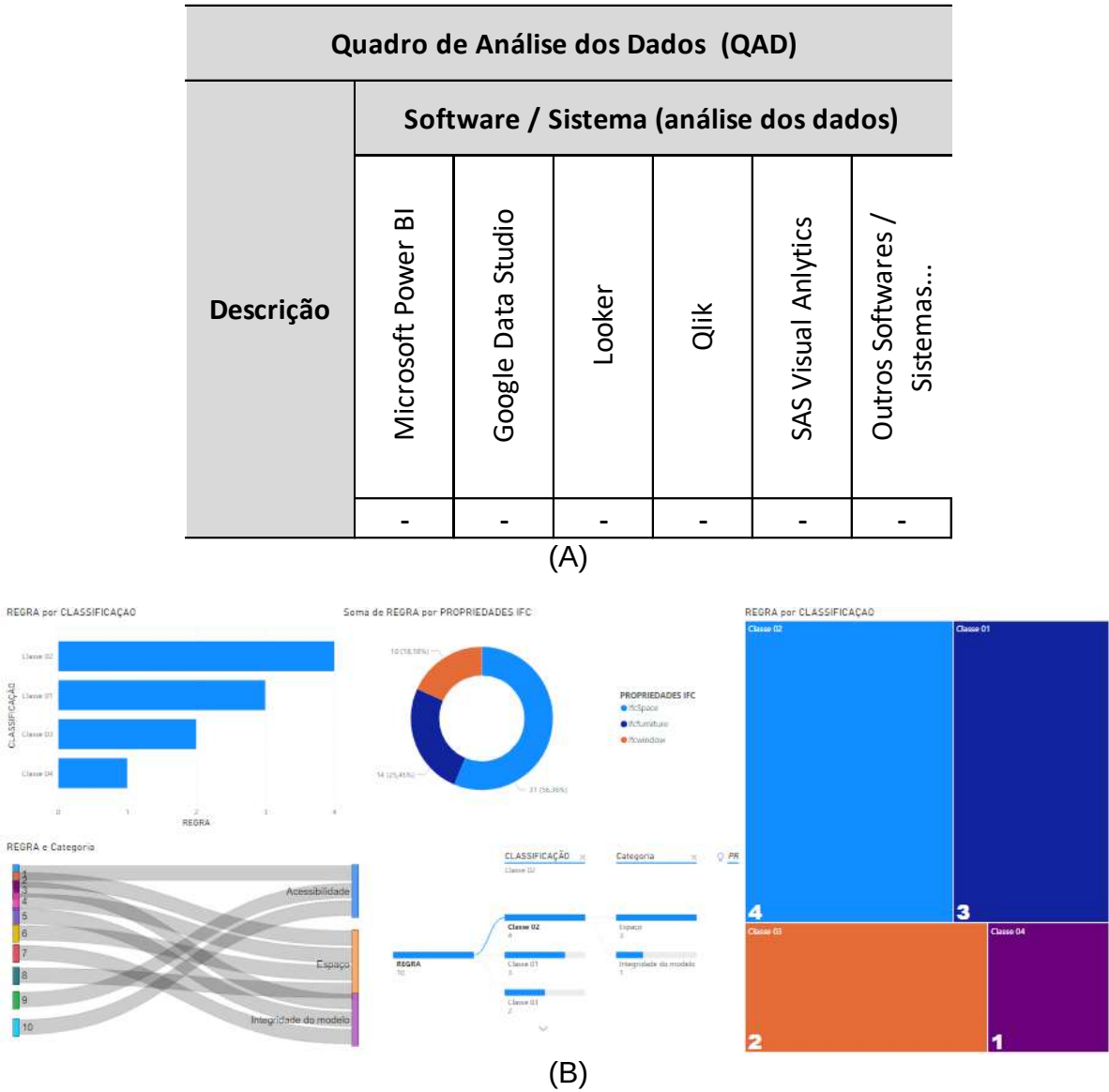
O **Módulo 03** refere-se à etapa da execução da regra com base em Eastman *et al.* (2009). Para este módulo foi concebida a subetapa I destinada ao quadro de análise dos dados associados às regras (QAD) a serem executadas na plataforma BIM de análise.

5.3.3.1 Subetapa I - Módulo 03

A subetapa I refere-se ao QAD com base nos dados contidos no Quadro sínteses das regras (QS). O QAD foi criado com o intuito de gerar um ambiente de análise de dados baseado em *Business Intelligence* no qual seja possível analisar os

dados através de relatórios e dashboards dinâmicos (Figura 48), possibilitando que a equipe de analistas de projeto arquitetônico aeroportuário identifique o perfil dos problemas associados aos requisitos contidos no QS.

Figura 48 - (A) QAD / (B) exemplo de um dashboard criado no Power BI a partir de um QS



Fonte: O autor (2022)

Mediante a análise dos dados através do QAD é possível seguir para o módulo 04. Para esta pesquisa, foi escolhido o software Microsoft Power BI para criação do dashboard apresentado na Figura 48 (B).

5.3.4 Módulo 04

O **Módulo 04** refere-se à etapa do relato do resultado da verificação com base em Eastman *et al.* (2009). Para este módulo foi concebida a subetapa I destinada ao quadro de relato (QR).

5.3.4.1 Subetapa I - Módulo 04

A subetapa I refere-se ao quadro de relato (QR) da verificação automatizada de regras a ser emitido pela equipe de analistas de projeto aeroportuário para a equipe de projetistas (Figura 47).

Figura 49 - Quadro de Relato da Verificação Automatizada de Regras (QR)

Quadro de Relato (QR) - Verificação Automatizada de Regras																												
Descrição	Plataforma BIM / Sistema (análise)						Formato de saída (relatório de verificação)				Ambiente Comum de Dados - CDE / repositório de arquivos (relatório de verificação)																	
	•	Solibri Model Checker	•	CORENET E PlanCheck	•	FORNAX	•	Express Data Manager (EDM)	•	SMARTCodes	•	Outras Plataformas...	•	.bcf	•	.pdf	•	.xls	•	Outros Formatos...	•	BIMCollab	•	BIM Server	•	BIM Sync.	•	Outros Ambientes...

Fonte: O autor (2022)

Este quadro deverá ser preenchido pela equipe de analista, uma vez que serão os analistas responsáveis por emitirem o relatório de verificação automatizada de regras, neste quadro, os analistas irão definir qual Plataforma BIM (análise) será utilizada, assim como, de que maneira o relatório será compartilhado com a equipe de projetistas, seja formato BIM Collaboration Format (BCF), *Portable Document Format* (PDF), XLS, dentre outros formatos.

É importante salientar que o formato escolhido para compartilhamento do

relatório de verificação automatizada de regras tem a ver com o protocolo estabelecido pela equipe de analistas, a SAC estabeleceu no Manual de Projetos Aeroportuário (2021) coordenar e colaborar seus projetos através de sistema WEB / BCF em sua lista de objetivos e usos BIM.

Dependendo da estratégia estabelecida pelo órgão competente por analisar os projetos, poderá ser escolhido outros tipos de formatos ou até mesmo a combinação considerando mais de um formato de saída.

A proposição apresentada nessa dissertação constitui-se da combinação estabelecida (CE) - subetapa I, criação dos Quadros de Análise das Regras (QA) - subetapa II, e Quadro Síntese (QS) - subetapa III associadas ao módulo 01, Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - subetapa I associada ao módulo 02, Quadro de Análise dos Dados (QAD) - subetapa I associada ao módulo 03 e Quadro de Relato (QR) da verificação automatizada de regras - subetapa I associada ao módulo 04 estão apresentados no Capítulo 06 e no Apêndice B.

Com base na Estrutura Conceitual apresentada nesta subseção, será apresentado a seguir uma prova de conceito, por meio de sua experimentação em uma situação de projeto hipotético.

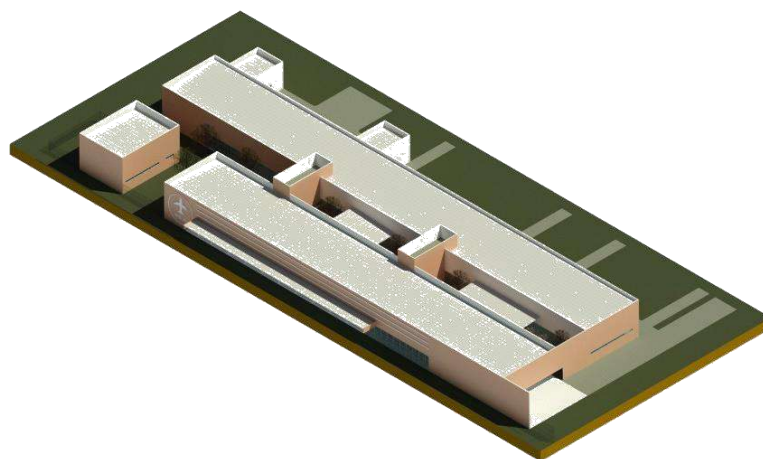
5.4 Prova de Conceito da Estrutura Conceitual

Com intuito de avaliar a Estrutura Conceitual pelo pesquisador, foi proposta a realização de uma prova de conceito. Esta se deu simulando uma situação hipotética de projeto, a ser avaliado por uma equipe de analistas de projetos aeroportuários. Na primeira etapa, foi desenvolvido um modelo BIM autoral (Figura 50) mono-disciplinar de um TPS (hipotético) baseado na tipologia de TPS desenvolvido pela INFRAERO (tipo M3).

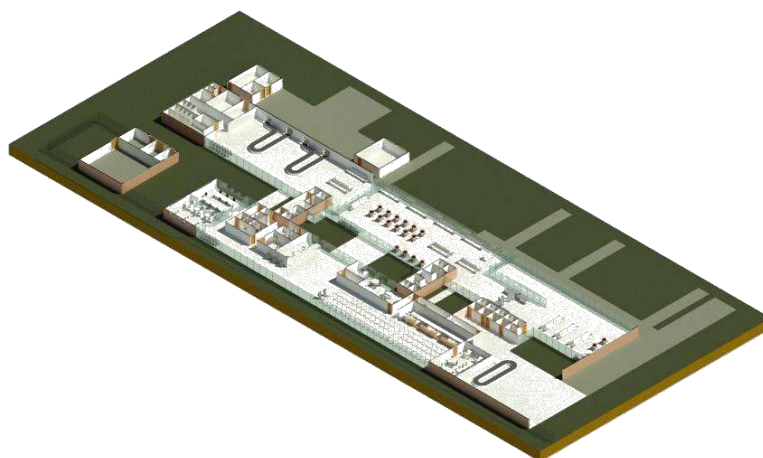
Figura 50 - Modelo autoral BIM mono-disciplinar (TPS)



(A)



(B)



(C)

(A) Ilustração implantação do TPS, (B) Ilustração TPS – projeto de arquitetura,
(C) Ilustração TPS em corte
Fonte: O autor (2022)

Para o desenvolvimento do modelo autoral do TPS (hipotético), foi escolhida a Plataforma BIM Autodesk Revit versão 2019 devido aos seguintes critérios:

experiência do pesquisador com o uso da Plataforma e disponibilidade da versão estudantil do software. Com intuito de realizar a verificação automatizada, o projeto arquitetônico foi concebido considerando um LOD 300 contendo os componentes mínimos necessários para realizar a exportação do modelo autoral para o software de análise Solibri Model Checker, via IFC.

O projeto do TPS (hipotético) foi desenvolvido com base no modelo de terminal de passageiro regional tipo TPS médio (tipo M-3) da INFRAERO. Essa codificação, trata-se de um conceito denominado “Terminal Regional” desenvolvido pela equipe da INFRAERO, que consiste na concepção de uma edificação modular racional possibilitando a expansão e aumento de sua capacidade em quatro portes:

- **TPS (M-0):** área do TPS de 630,00m² mais 135,00m² da Central de Utilidades) com capacidade de atender 60 passageiros (embarque e desembarque) na hora-pico;
- **TPS pequeno (M-1):** área do TPS de 1.210,00m² mais 135,00m² da Central de Utilidades) com capacidade de atender 100 passageiros (embarque e desembarque) na hora-pico;
- **TPS pequeno-médio (M-2):** área do TPS de 1.210,00m² mais 135,00m² da Central de Utilidades) com capacidade de atender 100 passageiros (embarque e desembarque) na hora-pico;
- **TPS médio (M-3):** área do TPS de 2.749,00m² mais 135,00m² da Central de Utilidades) com capacidade de atender 400 passageiros (embarque e desembarque) na hora-pico;

A escolha de desenvolver um projeto de um TPS baseado no padrão INFRAERO deu-se em função do cenário promissor no Brasil de expansão da aviação regional e pela oportunidade que o pesquisador teve de trabalhar junto a empresa de consultoria de projetos no Programa de Investimentos em Logística: Aeroportos (PIL 2012) entre os anos de 2014 e 2018.

Com relação a escolha do software de verificação automatizada de regras, foi escolhido o *Solibri Model Checker* (SMC). A escolha dessa ferramenta se deu devido a: 1) Resultados obtidos na RSL apontarem para o uso mais sistemático desse software, 2) pelo fato do pesquisador ter conseguido uma licença do SMC junto ao distribuidor autorizado⁷ no Brasil para fins acadêmicos.

⁷ Foi disponibilizada uma licença do SMC pela empresa CAD Technology.

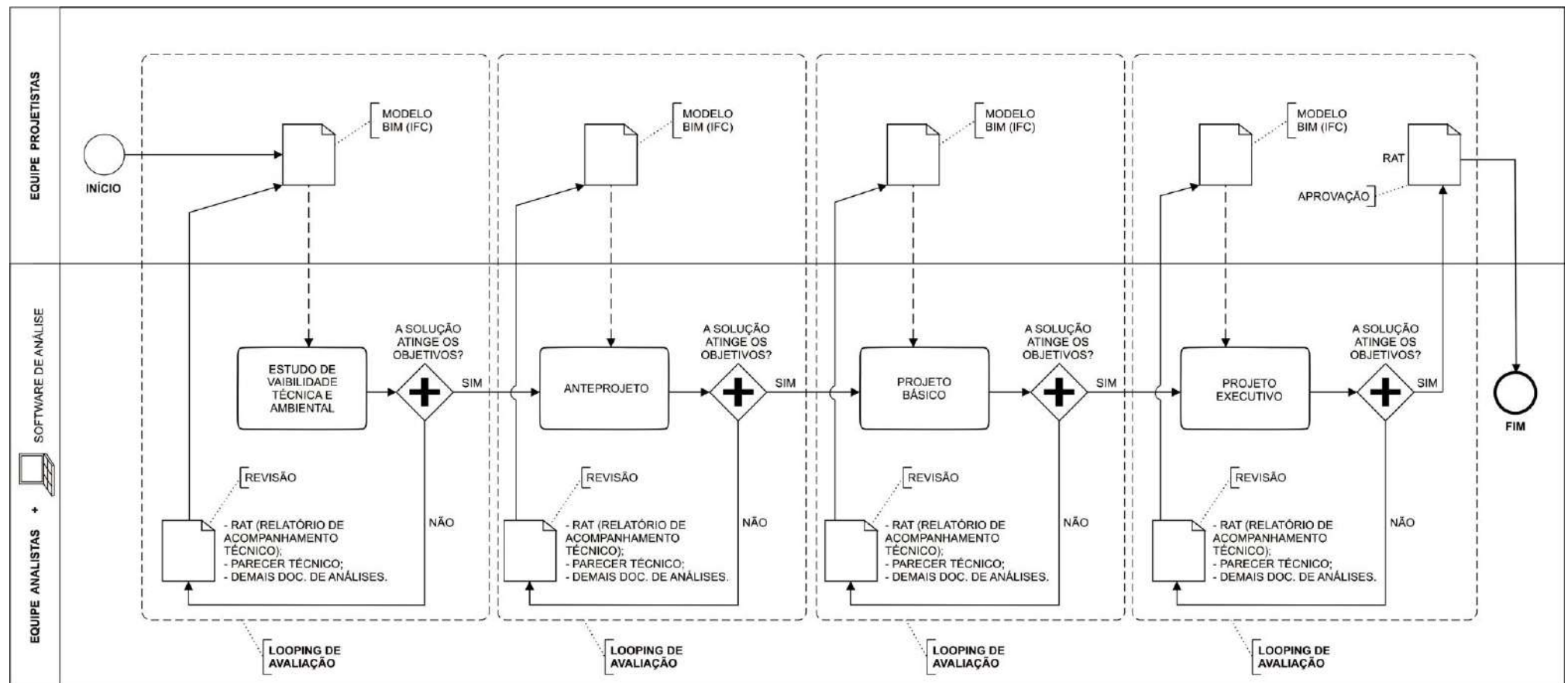
Uma vez escolhido o software de avaliação, foram selecionados os requisitos a serem traduzidos em regras SOL⁸ no SMC com base no Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS codificação: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008).

Para esta dissertação, devido ao tempo disponível pelo pesquisador para desenvolvimento desta dissertação foi traduzido um conjunto de 10 requisitos do Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS codificação: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008) convertidos em regras SOL executadas em um modelo BIM de um TPS no SMC. Seguindo os passos da estrutura conceitual Proposta foi criada uma combinação estabelecida (CE) - subetapa I do módulo 01, dez quadros de análises das regras (QA) – subetapa II do módulo 01, um quadro síntese (QS) - subetapa III do módulo 01, um quadro de diretrizes de modelagem (QD) - subetapa I do módulo 02, um quadro de análise dos dados associados as 10 regras (QAD) - subetapa I do módulo 03 e um quadro de relato dos resultados (QR) - subetapa I do módulo 04.

A Figura 51 apresenta o mapa do processo adaptado à situação proposta. Este exemplifica um projeto básico contendo três revisões até a sua aprovação. No mapa foi considerado o envio do modelo BIM, com as informações inseridas no esquema IFC ao invés de arquivos no formato PDF, contendo pranchas 2D de projeto. Neste mapa foi contemplado o acréscimo do SMC junto a equipe de analistas visando aprimorar o processo de avaliação, tanto com relação a verificação automatizada de regras, quanto na emissão do resultado da análise.

⁸ SOL: bibliotecas de regras nativas no Solibri Model Checker (SMC).

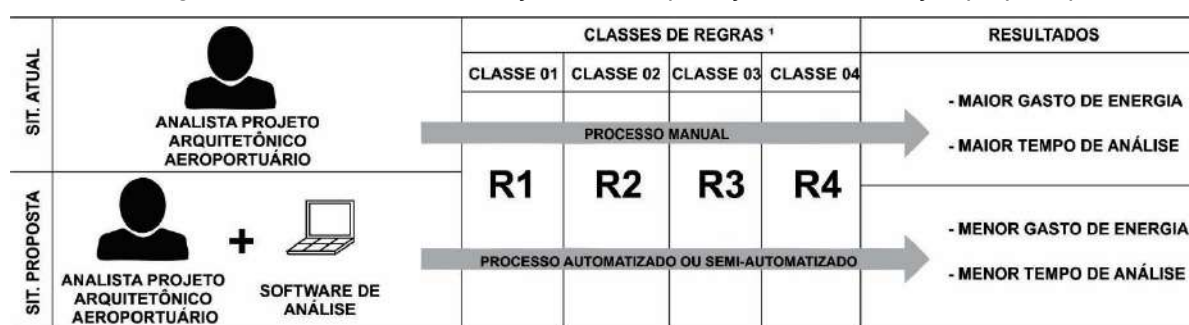
Figura 51 - Processo de avaliação de PAA (situação proposta)



Fonte: O autor (2022)

A Figura 52 apresenta dois cenários de avaliação: situação atual, identificada a partir das entrevistas aos órgãos competentes; e, a situação proposta. No primeiro cenário, o analista de projeto aeroportuário não conta com um software para lhe auxiliar na avaliação do projeto, demandando um maior gasto de energia e tempo na análise dos diversos requisitos de projetos. No segundo cenário, é apresentado o cenário proposto. Neste, o analista de projeto passa a se beneficiar do acréscimo do software de análise no processo de avaliação, reduzindo a energia e o tempo de análise.

Figura 52 - Processo de avaliação de PAA (situação atual / situação proposta)



(¹): CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA: SOLINHIN; EASTMAN (2015)

Fonte: Guedes e Andrade (2021a)

Mediante o desenvolvimento do projeto do TPS e de uma submissão hipotética do projeto aos órgãos competentes foi possível testar a instanciação da Estrutura Conceitual. O intuito foi de poder apresentar às equipes de analistas, como devem ser estruturadas e correlacionadas as informações necessárias para a avaliação de um projeto de um TPS.

Para facilitar o uso da Estrutura Conceitual, os dados contidos nos quatro módulos e suas respectivas subetapas foram transpostos para uma planilha (Figura 53) desenvolvida no programa Microsoft Excel (da Microsoft).

Figura 53 – Combinação Estabelecida (planilha Excel)

COMBINAÇÃO ESTABELECIDA (CE)

NÍVEL 01		NÍVEL 02		NÍVEL 03		NÍVEL 04	
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA (D.R.) NÍVEL 01 USO DA INFORMÁTICA - BIM (1) CATEGORIA - USO DO MODELO BIM (MODE USE) (2) SUBGRUPO (3) CÓDIGO (4) DOC. REFERÊNCIA (5)							
INFORMAÇÕES - GRUPOS / SUB-GRUPOS / DESCRIÇÕES E PARÂMETROS NÍVEL 02 GRUPO SUB-GRUPO DESCRIÇÃO NÍVEL 03 SUB-GRUPO DESCRIÇÃO NÍVEL 04 SUB-GRUPO DESCRIÇÃO							
LOCALIZAÇÃO (EC) NÍVEL 01 CC [1] [2] [3] MD RG ETE BIM PSQ MQS							

LEGENDA (EXCEL):

- Células (a serem preenchidas "S" ou "N")
- Células c/ fórmula (preenchidas automaticamente que será apresentada na combinação estabelecida "LEGO").

LOCALIZAÇÃO (EC)

6.6.1.1

NÍVEL 04

NÍVEL 03

NÍVEL 02

NÍVEL 01

Fonte: o autor (2022)

Mediante o preenchimento das colunas (colunas marcadas em azul), os códigos associados a “Combinação Estabelecida” (CE) - subetapa I do módulo 01 são preenchidos automaticamente no “LEGO” (colunas marcadas em vermelho). Uma vez concluída a subetapa I, seguiu para a subetapa II do módulo 01.

A subetapa II destinou-se à criação dos Quadros de Análise das Regras (QA) - módulo 01. A Figura 54 apresenta um QA referente a regra 01 criada, contendo as informações pertinentes aos seis grupos contidos no Nível 02, subgrupos do Nível 03 e descrições e parâmetros do Nível 04 da “Combinação Estabelecida” (módulo 01).

- Regra 01

A condição de aceitação desta regra é: o modelo BIM deve possuir ambientes e espaços (*Room / Spaces*). Se o modelo IFC for compatível, o software de análise (SMC) mostrará o resultado gráfico destacando os espaços e ambientes na cor verde (compatível), caso contrário, o resultado gráfico no requisito verificado não será compatível, o SMC mostrará o resultado gráfico (não compatível). Para a regra 01, a condição estava em conformidade; portanto, o SMC identificou a conformidade com a regra estabelecida (Figura 54).

Figura 54 – (A) Quadro de Análise de Regra (QA) Regra 01 / (B) Resultado da verificação automatizada no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 01																			
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)			Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade [4010 - Accessibility Analysis]	Espaço [4200 - Spatial Analysis]	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0			T.01		
														Entidade IFC			SOL /11		
														ifcSpace	-	-			
01	Regra 01	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Informações (regra)																			
Descrição: verificação de ambientes (Room / Space) no modelo																			
Condição: ter componentes (Room / Space) no modelo																			
Referências																			
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)																			
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																			
MVD: Model View Definition																			
C.V.2.0: Coordination View 2.0																			
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)																			
Imagem ou Croqui (referência)																			

Informações (regra)

Descrição: verificação de ambientes (Room / Space) no modelo

Condição: ter componentes (Room / Space) no modelo

Referências

DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)

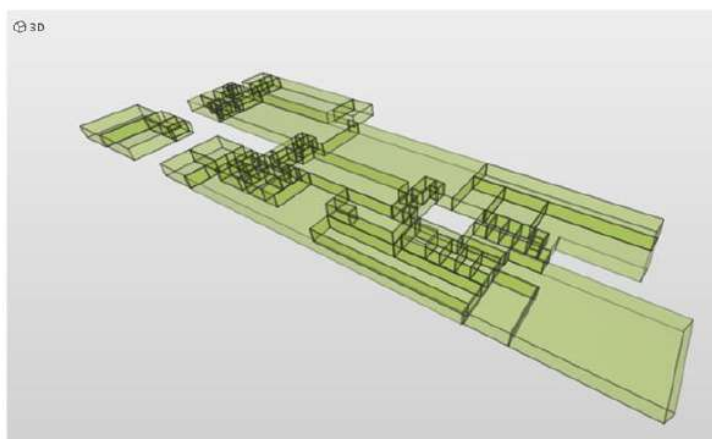
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)

MVD: Model View Definition

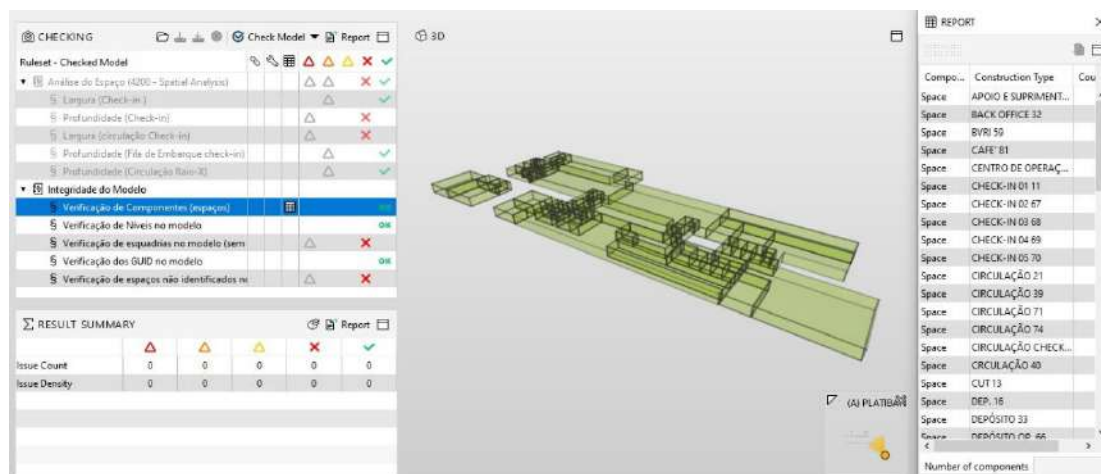
C.V.2.0: Coordination View 2.0

T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)

Imagem ou Croqui (referência)



(A)



(B)

Fonte: O autor (2022)

Os resultados referentes aos demais quadros de análise das regras (QA) / resultado da verificação automatizada de regras instanciadas no SMC estão sendo apresentados no Apêndice B. Após a criação dos quadros de análise das regras (subetapa II - módulo 01), segue-se para a criação do quadro síntese (QS) subetapa III - módulo 01 que compreende a uma tabela contendo os dados associados as 10 regras e suas respectivas informações referentes aos 6 grupos (G.1, G.2, G.3, G.4, G.5 e G.6 associados aos níveis 01 e 02) considerando os subgrupos, descrições e parâmetros específicos (associados aos níveis 03 e 04) apresentado na Figura 55.

Figura 55 - Quadro Síntese (QS)

Quadro Síntese das Regras (QS)																												
Doc. (ref.)	Descrição	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato										Software de Análise (SMC)				
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	Entidade IFC (IFC Entity)										T.01		T.02		
														MVD: C.V 2.0										SOL/11	SOL/176	SOL/212	SOL/202	SOL/230
														ifcSpace	ifcSlab	ifcRoof	ifcFurniture	ifcDoor	ifcWindow	ifcWall	ifcCurtainWall	ifcObject	ifcFlowTerminal					
01	Regra 01	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
	Regra 02	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
	Regra 03	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
	Regra 04	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-
	Regra 05	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
02	Regra 06	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
	Regra 07	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
	Regra 08	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
	Regra 09	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
	Regra 10	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Referências																												
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)																												
DOC.02: Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS - INFRAERO (2008)																												
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																												
MVD: Model View Definition																												
C.V.2.0: Cordination View 2.0																												
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)																												
T02: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Análise do Espaço (.cset)																												

Fonte: O autor (2022)

Mediante a criação do QS (subetapa III – módulo 01) é possível seguir para o subetapa I - módulo 02 da EC referente a etapa de preparação do modelo (EASTMAN *et al.* 2009). Para esta etapa foi concebida a sub-etapa I que se refere ao quadro de diretrizes de modelagem (QD)

Foram concebidos dois quadros para caracterização do QD, o primeiro refere-se às informações gerais associadas a Plataforma BIM a ser utilizada para desenvolvimento do modelo. Neste quadro haverá as seguintes informações: Plataforma BIM utilizada, Formato nativo da Plataforma BIM, Versão utilizada para desenvolvimento do modelo e Nível de Definição do modelo BIM (SAC, 2021).

Já o segundo quadro, refere-se às informações relacionadas ao conjunto dos 10 requisitos a serem verificados através da verificação automatizada de regras. Neste quadro estão contidas as seguintes informações: Listagem das regras, Descrição das regras, Condição para desenvolvimento das regras, Família de componentes utilizados (Plataforma BIM), Família de sistemas utilizada (Plataforma BIM), Família modelada no local (Plataforma BIM) e Diretrizes para desenvolvimento do modelo.

Figura 56 - Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - assinalado

Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - Informações Gerais																					
Descrição	Plataforma BIM (modelagem)						Formato nativo (Plataforma BIM)				Versão (Plataforma BIM)					Nível de Definição (LOD) [1]					
	Revit	Archicad	Building Design	Allplan	QI Builder	Outras Plataformas...	.rvt	.pln	.dgn	Outros Formatos...	2018	2019	2020	2021	Outras versões...	0 - Lev. de Inf. Gerais	1 - estudos de massas, etc.	2 - Anteprojeto	3 - Projeto Básico	4 - Projeto Executivo	5 - As Built
	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-

Referência

[1] Manual de projetos aeroportuários [livro eletrônico] : volume único / [organização Marcio Mafli Fernandes, Leila Cristina Miateli Pires, Adriana Lima Rolim ; ilustração Gabriel Córdova]. -- 1. ed. -- Brasília, DF: Secretaria Nacional de Aviação Civil, 2021

Nota:

O Nível de Definição (LOD) é dividido em: (1) Nível de Detalhe – ND atributos gráfico-geométricos; e (2) Nível de Informação – NI para atributos não-geométricos ou alfanuméricos. Para cada disciplina do projeto é definido o nível requisitado de informação não-geométrica e atributos gráfico-geométrico.

(A)

Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) - Conjunto de Requisitos						
Informações Gerais (regras)			Informações (Plataforma BIM)			Diretrizes de Modelagem
Regras	Descrição	Condição	Família de Componentes utilizados (Plataforma BIM)	Família de Sistema utilizada (Plataforma BIM)	Família Modelada no Local (Plataforma BIM)	
Regra 01	verificação de ambientes (Room / Space) no modelo	ter componentes (Room / Space) no modelo	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo
Regra 02	verificação de níveis (Level) no modelo	ter componente (Level) no modelo	-	Level	-	1. Criar níveis no modelo (Level)
Regra 03	verificação de esquadrias no modelo (com hospedeiro)	todas esquadrias no modelo devem possuir elementos hospedeiros (parede, painel, etc.)	Wall / Door / Windows	-	-	1. Inserir janelas e portas em paredes
Regra 04	verificação de GUID em todos os componentes do modelo	todos os componentes (famílias de sistema, componentes, modeladas no local) devem possuir GUID	Wall / Door / Windows / Furniture	-	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo
Regra 05	verificação de ambientes (Room / Space) no modelo	ter todos os componentes (Room / Space) identificados no modelo	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo
Regra 06	profundidade mínima do balcão de check-in	profundidade mínima $\geq 4,00\text{m}$	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo "CHECK-IN"
Regra 07	largura mínima do área de check-in	largura mínima $\geq 2,40\text{m}$	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo "CHECK-IN"
Regra 08	área livre para circulação em frente ao check-in	largura mínima $\geq 3,00\text{m}$	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo "CHECK-IN"
Regra 09	profundidade mínima para formação de fila (check-in)	profundidade mínima $\geq 12,00\text{m}$	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo "CHECK-IN"
Regra 10	profundidade mínima para formação de fila (Raio X)	profundidade mínima $\geq 6,00\text{m}$	-	Room / Space	-	1. Criar ambientes no modelo (Room)
						2. Criar Spaces no modelo "FILA RAIÓ X"

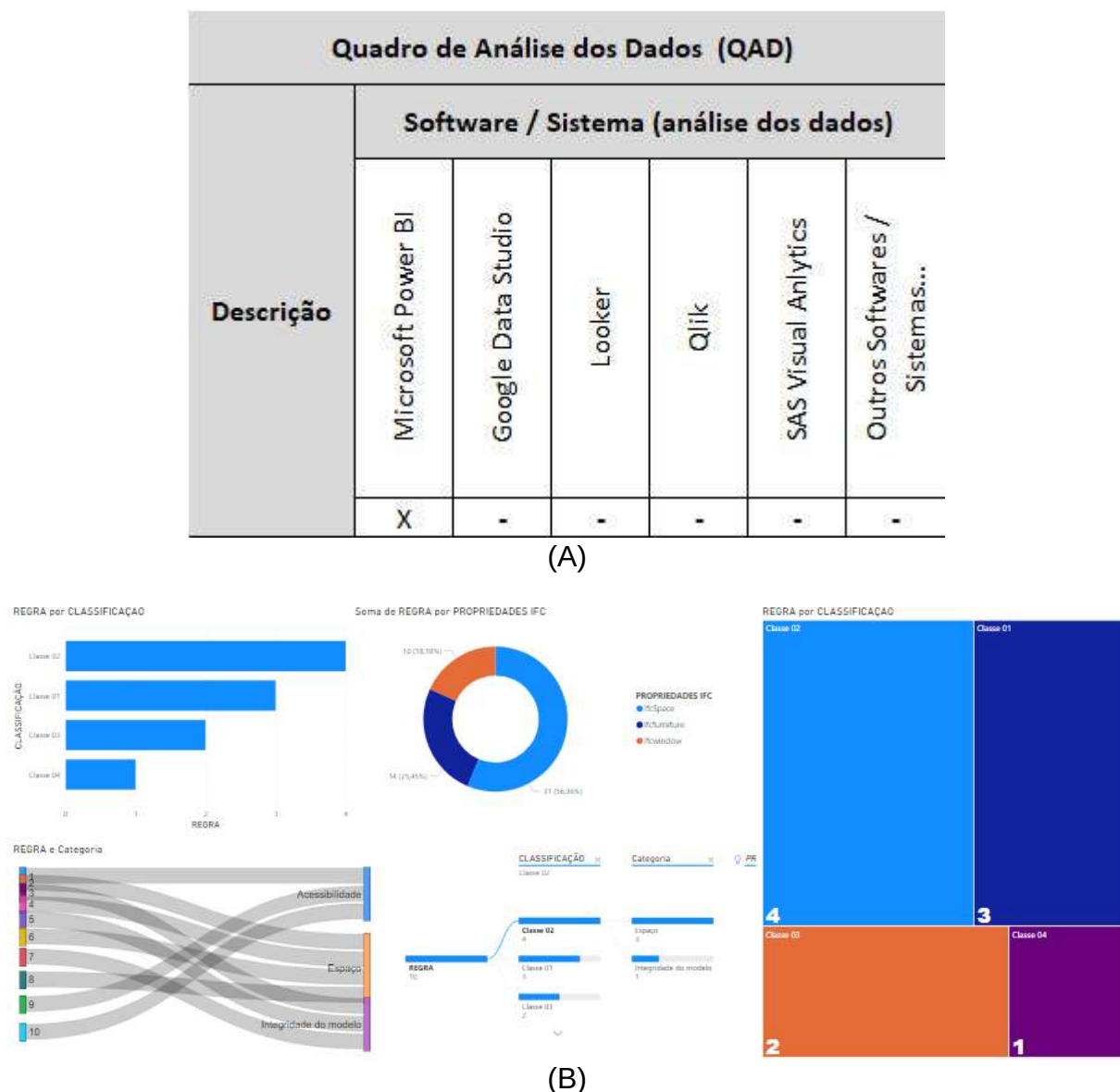
(B)

(A) Informações Gerais (QD) / (B) Conjunto de Requisitos criados
 Fonte: O autor (2022)

Mediante o desenvolvimento do modelo BIM (a ser elaborado pela equipe de projetistas) com base no QD criado, segue para o módulo 03 que se refere a etapa de execução das regras, para este módulo foi concebida a subetapa I - módulo 03 destinada ao quadro de análise dos dados associados as regras (QAD) executadas, de maneira que seja possível analisar as características dados contidos no QS

criando um ambiente de análise de dados baseado em *Business Intelligence* no qual será possível analisar os dados através de relatórios e dashboards dinâmicos, possibilitando que a equipe de analistas de projeto arquitetônico aeroportuário identifique o perfil dos problemas associados aos requisitos contidos no QS (Figura 57).

Figura 57 - (A) QAD assinalado / (B) dashboard criado no Power BI a partir do QS



Fonte: O autor (2022)

Mediante a criação do QAD foi possível seguir para o módulo 04 referente à etapa de relato do resultado de verificação, para esta etapa foi concebida a subetapa I que se refere ao quadro de relato das regras verificadas (QR), o intuito desse

quadro é instruir os projetistas dos itens atendidos e não atendidos (Figura 59).

Figura 58 - Quadro de Relato da Verificação Automatizada de Regras (QR) assinalado

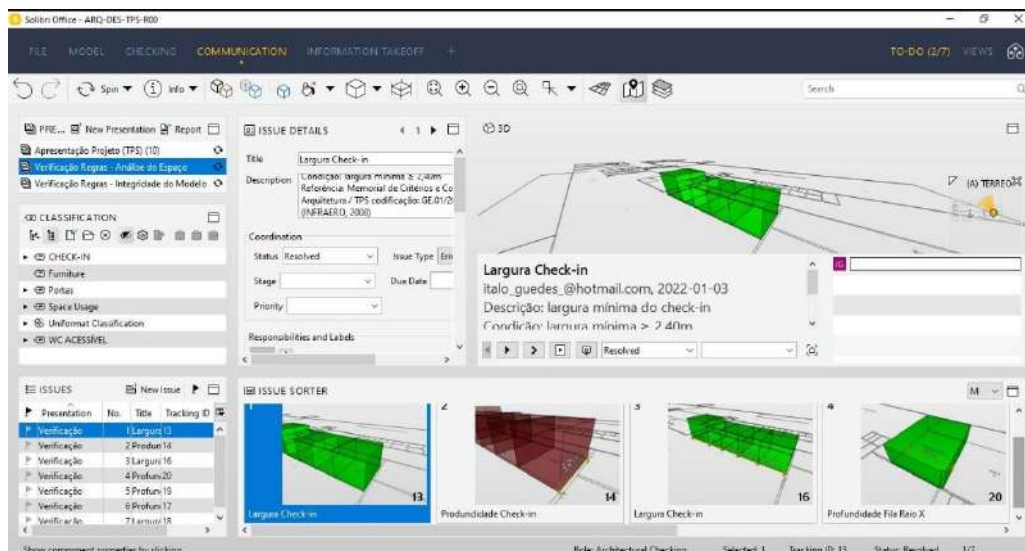
Quadro de Relato (QR) - Verificação Automatizada de Regras														
Descrição	Plataforma BIM / Sistema (análise)						Formato de saída (relatório de verificação)				Ambiente Comum de Dados - CDE / repositório de arquivos (relatório de verificação)			
	Solibri Model Checker	CORENET E PlanCheck	FORNAX	Express Data Manager (EDM)	SMARTCodes	Outras Plataformas...	.bcf	.pdf	.xls	Outros Formatos...	BIMCollab	BIM Server	BIM Sync.	Outros Ambientes...
	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-

Fonte: O autor (2022)

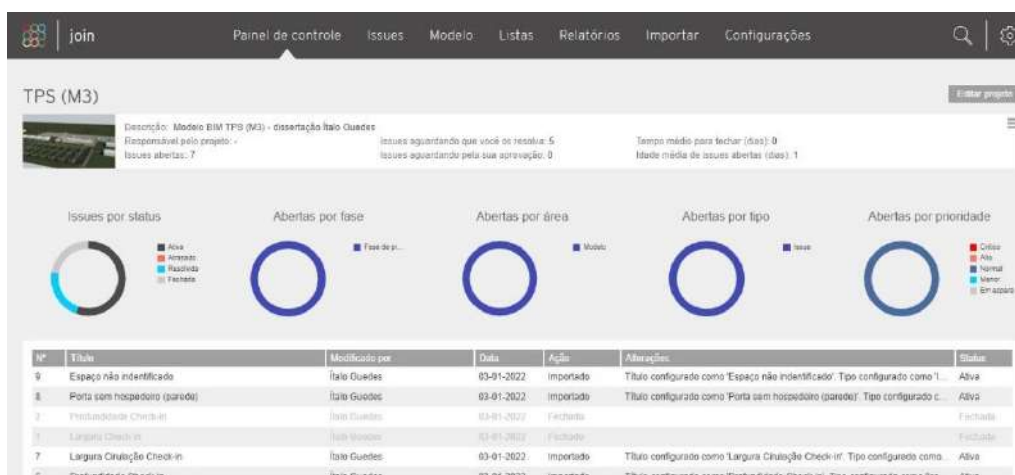
Este quadro deverá ser preenchido pela equipe de analista, uma vez que serão os analistas responsáveis por emitirem o relatório de verificação automatizada de regras, neste quadro, os analistas irão definir qual Plataforma BIM (sistema de análise) será utilizado, assim como, de que maneira o relatório será compartilhado com a equipe de projetistas, seja através do formato BIM Collaboration Format (BCF), *Portable Document Format* (PDF), XLS, dentre outros formatos.

Para esta pesquisa, o conjunto de requisitos verificados no SMC foi exportado com base no formato de saída na extensão BCF para o Ambiente Comum de Dados (CDE) BIMcollab Cloud (Figura 59).

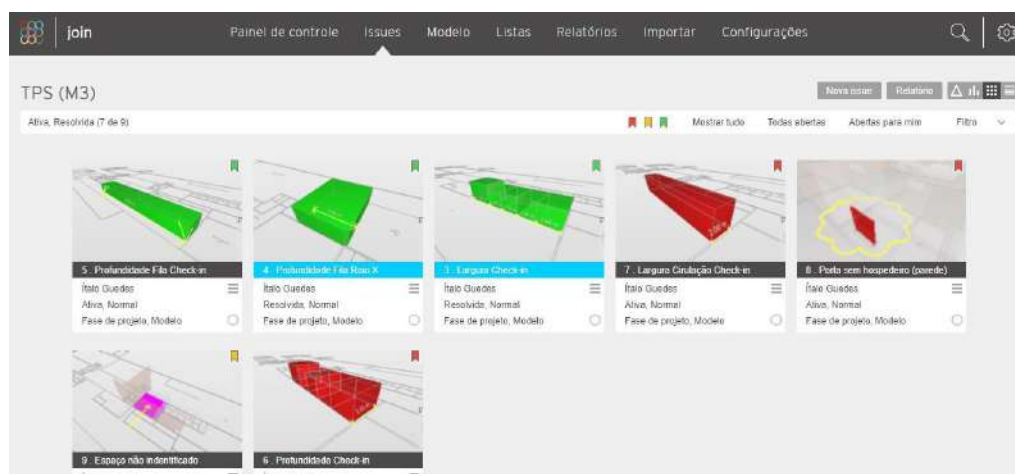
Figura 59 - (A) Requisitos verificados no SMC / (B) Requisitos carregados via BCF no BIMcollab (aba painel de controle) / (C) Requisitos carregados via BCF no BIMcollab (aba issues)



(A)



(B)



(C)

Fonte: O autor (2022)

Uma vez reportada às ocorrências pela equipe de analistas, caso haja itens não atendidos, a equipe de projetistas deverá acessar o BIMcollab Cloud, baixar os arquivos BCF e revisar o projeto, após a revisão do projeto os projetistas devem reenviar o modelo BIM (IFC) para equipe de analistas realizar a verificação automatizada de regras novamente. Após a conclusão da subetapa I associada ao módulo 04 considera-se o ciclo de utilização da EC concluído.

A estrutura conceitual foi concebida, com intuito de ser editada e utilizada pela equipe de analistas de projetos aeroportuários pertencentes aos órgãos competentes responsável por analisar e aprovar os projetos de TPS no Brasil com ênfase na verificação automatizada em projeto arquitetônicos de TPS considerando os diferentes cenários mediante a criação de diferentes combinações estabelecidas (CE), seja para a análise e aprovação de novas construções de TPS assim como, possíveis reformas e retrofit.

Quanto à usabilidade da estrutura conceitual para equipe de projetistas, tanto os Quadros de Análise das Regras (QA), Quadro Síntese (QS) e Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) podem ser utilizados como elementos de consulta. Estes visam apresentar as informações mínimas necessárias para que os projetistas (escritório de projeto) possam considerar no momento da confecção do modelo BIM do TPS.

Com relação aos desenvolvedores de softwares e plugins, os dados contidos no Quadro Síntese (QS) poderá ser útil para auxiliar na criação de novos parâmetros específicos nos softwares e sistemas a fim de possibilitar que o uso de CC possa ser viabilizado considerando as diferentes especificidades contidas nas Combinações Estabelecidas (CE) associada a subetapa I do módulo 01 da EC.

5.5 Contribuição da Estrutura Conceitual

A contribuição desta pesquisa refere-se a possibilidade de sistematização das informações mínimas necessárias para a viabilização de uso de CC em modelos autorais BIM de arquitetura de TPS, mediante a realização ou a coleta de informações que sejam bem estruturadas e sistematizadas.

Essas informações estão contidas no **Módulo 01** (subetapa I) da EC referente combinação estabelecida (CE) associada aos seis grupos: Documentos de Referência (G.1), Disciplinas (G.2), Categoria (G.3), Classificação das Regras (G.4),

Esquema de Dados (G.5) e Sistema / Software de análise (G.6), subetapa II através dos Quadros de Análise das Regras (QA) e subetapa III referente ao Quadro Síntese das Regras (QS). **Módulo 02** (subetapa I) relacionado ao Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD). **Módulo 03** (subetapa I) pertinente ao Quadro de Análise dos Dados Associados às Regras (QAD). **Módulo 04** (subetapa I) relativo ao Quadro de Relato do Resultado (QR) da verificação automatizada.

A criação da Estrutura Conceitual apresentada nesta dissertação visa estruturar como as informações necessárias para realizar a avaliação de um projeto podem ser organizadas, correlacionadas e apresentadas para serem implementadas durante o processo de avaliação de projetos arquitetônico de TPS de maneira:

- **Flexível:** capaz de atender os diferentes requisitos de projetos;
- **Adaptável:** capaz de se adaptar a diferentes cenários;
- **Extensível:** capaz de estender o uso de CC combinando diferentes softwares e sistemas de verificação automatizada de regras.

5.6 Compreensão da Estrutura Conceitual

A compreensão da EC foi avaliada através da perspectiva de identificar as principais informações e propriedades a serem consideradas no processo de verificação automatizada em projeto de arquitetura de TPS, baseado em:

- I. Identificação e organização das propriedades e parâmetros mínimos necessários para uso de CC em projetos de arquitetura de TPS: mapear as informações mínimas necessárias a serem penduradas no modelo digital BIM a fim de viabilizar o uso da EC em projeto de arquitetura de TPS;
- II. Padronização no processo de criação das regras: possibilidade de padronização para criação das regras mediante as características de cada software de análise / sistema ou até mesmo formato estabelecido, possibilitando que sejam concebidas combinações favoráveis aos fluxos de trabalho das equipes de analistas de projeto aeroportuário;
- III. Abrangência e flexibilidade da Estrutura Conceitual: potencial de uso da estrutura conceitual para outras disciplinas através da alteração das

características associadas aos Documentos de Referência (G.1), Disciplina (G.2), Categoria das regras a serem analisadas (G.3), Classificação das Regras (G.4), Esquema de Dados (G.5) e Sistema / Software de Análise (G.6) associados a subetapa I do módulo 01.

5.7 Aplicabilidade da Estrutura Conceitual

A aplicabilidade foi observada através da utilização da EC mediante a realização de uma prova de conceito e uma situação hipotética de um projeto a ser avaliado pelas equipes de analistas de projetos aeroportuários.

A construção da estrutura conceitual apresentada neste capítulo possibilitou que fosse possível avançar para a etapa seguinte destinada a avaliação, considerando aferir tanto a compreensão quanto a aplicabilidade da estrutura conceitual junto a equipe de analistas de projetos aeroportuários.

6 AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA CONCEITUAL

Este capítulo abrange o processo de avaliação da Estrutura Conceitual (EC). Inicia com a definição da estratégia estabelecida pelo pesquisador para realização da prova de conceito. Apresenta as entrevistas realizadas junto às equipes de analistas de projeto aeroportuário. Finaliza com a análise das respostas dos analistas, indicando pontos positivos a serem ressaltados na estrutura conceitual e pontos negativos que precisariam ser melhorados na estrutura conceitual proposta.

6.1 Entrevistas (avaliação da Estrutura Conceitual)

Com base nos critérios estabelecidos pelo pesquisador para avaliação do artefato, foram realizadas entrevistas (via vídeoconferência) junto a equipe de analistas de projetos aeroportuários da SAC e INFRAERO, o intuito dessas entrevistas foi de poder apresentar o artefato desenvolvido pelo pesquisador, bem como, avaliar a Estrutura Conceitual junto às equipes de analistas responsáveis pela avaliação e aprovação dos terminais de passageiros aeroportuários, a Tabela 29 apresenta os dados referente as entrevistas 04 e 05 realizadas.

Tabela 29 - Entrevistas (avaliação do artefato)

Número / Data	Fonte de Evidência	Tempo (duração)	Participantes	Protocolo (entrevista)
04 04/01/2022	Entrevista 04 videoconferên cia (equipe SAC)	60 min.	Coordenador Geral de Projetos Aeroportuários, Chefe de Divisão, Coordenadora (SAC)	Apresentação da dissertação / avaliação do artefato.
05 19/01/2022	Entrevista 05 videoconferên cia (equipe INFRAERO)	60 min.	Arquitetos, Engenheiros Civis, Gerente de Projeto (INFRAERO)	Apresentação da dissertação / avaliação do artefato.

Fonte: O autor (2022)

6.1.1 Entrevista 04 - equipe SAC

A entrevista 04 foi realizada junto a equipe de especialistas e analistas de projeto aeroportuário da Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC), o objetivo dessa entrevista foi apresentar Estrutura Conceitual desenvolvida pelo pesquisador aplicando um questionário através do google formulários com três perguntas referentes a avaliação da EC (desempenho), três perguntas com relação a avaliação da EC (compreensão) dispostas em questões estruturadas em escala linear de 01 a 10, sendo 01 pouco útil e 10 bastante útil, e uma questão destinada à um parágrafo de resposta individual (sugestões, comentários, críticas, observações).

6.1.2 Entrevista 05 - equipe INFRAERO

A entrevista 05 foi realizada junto a equipe de especialistas e analistas de projeto aeroportuário da INFRAERO, o objetivo dessa entrevista foi apresentar Estrutura Conceitual desenvolvida pelo pesquisador aplicando um questionário através do google formulários com três perguntas referentes a avaliação da EC (desempenho), três perguntas com relação a avaliação da EC (compreensão) dispostas em questões estruturadas em escala linear de 01 a 10, sendo 01 pouco útil e 10 bastante útil e uma questão destinada à um parágrafo de resposta individual (sugestões, comentários, críticas, observações).

Tanto na entrevista 04 quanto na entrevista 05 foi possível aplicar um questionário através do google formulários e obter as respostas dos entrevistados com relação ao desempenho e compreensão da EC, a partir de:

- I. Facilidade de utilização da EC: avaliar se os entrevistados compreenderam a lógica de utilização da EC;
- II. Interpretação lógica das regras: Avaliar se os entrevistados através dos dados contidos nas subetapas I, II e III (módulo 01) conseguiram entender a lógica para caracterização das regras;
- III. Transparência das informações contidas EC: Avaliar se os entrevistados perceberam transparência no processo de verificação automatizada de regras mediante o uso da EC, contemplando a facilidade de identificar informações contidas nas subetapas associadas aos módulos 01, 02, 03 e

04.

Os resultados alcançados nas entrevistas, estão apresentados no Apêndice C em formato de histograma gerados pela plataforma Google Formulários.

6.2 Generalizações para as Classes de Problema

Com base nas classes de problemas definidas na RSL (apresentada no **Capítulo 3**) relativo a I) Desenvolvimento / Avaliação de Projetos e II) Construção e Operação. Os indivíduos envolvidos na primeira classe, são: Projetistas, Gerentes de Projetos, Coordenadores de Projeto, Analistas de Projetos, já na segunda classe, encontra-se: Construtores, Incorporadores, Gerente de Manutenção e Operação e Proprietários.

A Estrutura Conceitual (EC) concebida nesta pesquisa destina-se ao atendimento ao primeiro grupo das classes de problema, mais especificamente aos analistas de projetos aeroportuários. Uma vez utilizada a EC na fase de avaliação dos projetos, espera-se que a mesma possa beneficiar tanto as atividades relacionadas ao desenvolvimento do projeto, assim como, a fase de avaliação dos projetos arquitetônicos aeroportuários.

No que concerne ao processo de avaliação do artefato desenvolvido nesta dissertação, mediante a identificação do problema de pesquisa, fundamentação teórica, conscientização do problema, realização das entrevistas de conscientização e criação do modelo conceitual, foi possível realizar a avaliação do modelo conceitual com base no método *Design Science Research* (MARCH; SMITH, 2015). A etapa de construção e instanciação do modelo conceitual (apresentado no Capítulo 05) e a sua avaliação (apresentado no Capítulo 06) possibilitou avaliar o comportamento do modelo conceitual em seu ambiente real, assim como, realizar as entrevistas de avaliação visando identificar os pontos positivos e os pontos a serem aprimorados a partir das respostas obtidas.

Com relação aos pontos positivos, foi percebido no momento da instanciação e avaliação do modelo conceitual que a lógica de montagem da “Combinação Estabelecida” baseada em um “LEGO” proporcionou aos entrevistados vislumbrar a possibilidade de conceber diferentes combinações para viabilizar a verificação automatizada de regras em outras disciplinas associadas ao projeto de um terminal de passageiros aeroportuário além da disciplina de arquitetura, assim como, a

utilização do modelo conceitual visando verificar requisitos além do terminal de passageiros.

Outro ponto positivo, foi a percepção que os entrevistados tiveram com relação ao uso associado à verificação automatizada de regras em modelos BIM na fase de avaliação dos projetos, visando promover maior padronização dos processos de avaliação de projetos aeroportuários, assim como, podendo reduzir o tempo de análise.

Com relação aos pontos a serem melhorados, foi percebido que devido a quantidade elevada de informações associadas principalmente nos Níveis 02, 03 e 04 da “Combinação Estabelecida”, alguns entrevistados que não possuíam tanta maturidade com relação ao entendimento do BIM (políticas, processos e tecnologias) e as questões relacionadas a uso do modelo, interoperabilidade, filtros de exportação, dentre outros assuntos mais específicos, sentiram dificuldade em compreender as correlações entre esses temas. É importante que, no momento da capacitação para utilização deste modelo conceitual, seja realizada preferencialmente uma capacitação de nivelamento do conhecimento sobre BIM antes da utilização do modelo conceitual junto as equipes de analistas abrangendo a conceituação desses tópicos.

Apesar da transposição dos dados contidos do modelo conceitual compreendido nos quatros módulos (Módulo 01, Módulo 02, Módulo 03 e Módulo 04) para uma planilha no software Microsoft Excel contendo fórmulas, visando automatizar e facilitar a sua utilização, foi notado que, mediante a necessidade de inserção de mais “peças do lego” o Excel possuía limitações, pois o “LEGO” estava inserido como imagem e os códigos associados à “Combinação Estabelecida” foram gerados acima da imagem contendo fórmulas. Se caso houver a possibilidade de transpor essa estrutura do Excel para um programa apropriado para este fim, a inserção de novas “peças” e consequentemente novos códigos, poderia ser mais fácil e intuitivo.

Outro ponto a ser aprimorado, é referente a criação dos Quadros de Análise das Regras (QA), Quadro Síntese das Regras (QS), Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) e Quadro de Relato do Resultado (QR) da verificação automatizada, apesar de todos esses quadros terem sido criados em abas separadas no Excel, foi notado que, principalmente o QA, devido a necessidade de criar um QA para cada requisito, o arquivo do Excel ficou com uma quantidade

elevada de abas, nesta pesquisa foram criadas 10 regras, ou seja, foi necessário criar 10 abas apenas para caracterização dos QA. A depender da necessidade de formar “Combinações Estabelecidas” com mais requisitos, é recomendável que seja avaliada a estratégia de utilização de vínculos entre diferentes arquivos Excel.

Com relação ao Quadro de Análise dos Dados (QAD) associados às regras, foi percebido que, na medida em que novas “Combinações Estabelecidas” fossem criadas, haveria novos conjuntos de dados a serem analisados. Não foi possível nesta dissertação realizar mais de uma “Combinação Estabelecida” devido ao tempo limitado do pesquisador para desenvolvimento da pesquisa, porém, seria oportuno em ocasiões futuras, analisar os dados contidos em diferentes “Combinações Estabelecidas” com intuito de identificar padrões que sinalizassem caminhos críticos a serem aprimorados tanto do ponto de vista da construção dos modelos BIM quanto do ponto de vista da criação de novas regras para viabilização da verificação automatizada na fase de avaliação dos projetos.

Espera-se que a utilização da EC seja viabilizada através de diferentes usuários, sejam: analistas de projetos, arquitetos especialista em projetos de edificações, arquitetos especialistas em arquitetura de interiores, engenheiros especialistas em estruturas, instalações elétricas, hidrossanitárias, dentre outras especialidades contempladas no desenvolvimento de um projeto de um TPS, além de poder estender o uso da EC para formar combinações a fim de avaliar o atendimento de requisitos contidos no Lado Ar (pátio de aeronaves, taxiway, pista de pouso e decolagem, etc).

No que concerne a utilização da EC, é recomendável que haja em um primeiro momento a capacitação dos analistas de projetos arquitetônicos aeroportuários com relação a utilização da EC, possibilitando a compreensão de uso dos dados contidos nos quatro módulos e suas respectivas subetapas (Figura 40, p.116), assim como, na operacionalização e utilização da planilha criada no Microsoft Excel (Figura 53, p.144).

Espera-se que a instanciação da EC possa ser realizada a fim de verificar um conjunto de requisitos transpostos em regras para avaliar diferentes tipologias de TPS: terminais de chegada em portão, terminais píer finger, terminal píer satélite, terminal satélite remoto e terminais transportador (YOUNG; WELLS, 2014).

No tocante a implementação da EC no ambiente de trabalho das equipes de analistas de projetos aeroportuários, é recomendável que haja a adequação dos

mapas de processos (avaliação dos projetos aeroportuários) estabelecendo a utilização de uso dos modelos BIM associados a Verificação automatizada de regras (Figura 51, p.141), inclusive, passando a exigir formalmente que os novos projetos arquitetônicos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários sejam concebidos com base nos dados contidos na subetapa I - módulo 02 da EC referente ao Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD), uma possibilidade, seria de poder inserir os dados contidos no QD em forma de apêndice nas próximas versões do Manual de Projetos Aeroportuário (SAC, 2021).

Tendo em consideração a criação de novos requisitos de projetos baseado em regras, é desejável que sejam mapeados junto às equipes de analistas de projetos arquitetônicos de TPS os requisitos mais recorrentes contidos nas RAT (equipe INFRAERO) e dos Pareceres Técnicos (equipe SAC) dos últimos anos, possibilitando ter uma amostra considerável de requisitos prioritários por disciplinas a serem traduzidos para verificação automatizada de regras.

Do ponto de vista de responsabilidade de utilização da EC, espera-se que os analistas de projetos sejam os responsáveis pela utilização da EC, podendo disponibilizar para os projetistas as informações relacionadas ao Quadro de Diretrizes de Modelagem (QD) a serem penduradas no modelo BIM para a que seja possível executar verificação automatizada de regras com êxito.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram a viabilidade de uso da EC com base na modulação proposta pelo pesquisador (Figura 40, p.116). A flexibilidade da subetapa I “Combinação Estabelecida” do Módulo 01 visou formar diferentes combinações nos 04 níveis estabelecidos, permitindo que a EC possa ser instanciada através de diferentes cenários.

Com base nas questões apresentadas no Capítulo 06, o resultado apresentado no quadro de análise da regra 01 (QA) (Figura 54, p.145) demonstra graficamente as propriedades e parâmetros mínimos necessários para criação da regra 01 com base na combinação estabelecida. Uma vez adotado o mesmo padrão para criação dos demais QA (apresentados no Apêndice B), foi possível padronizar e rastrear todo o processo não apenas do ponto de vista de execução da verificação automatizada, mas também com relação à organização dos dados associados a cada regra.

A respeito da abrangência e flexibilidade da EC, conforme o exemplo apresentado de uma “Combinação Estabelecida” (Figura 41, p.118) demonstra o potencial de uso da EC mediante a diferentes estratégias de avaliação a serem definidas pelas equipes de analistas de Projetos Arquitetônicos Aeroportuário.

Com relação ao objetivo geral de desenvolver uma Estrutura Conceitual para a Verificação Automatizada de Regras em projetos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários, a proposição estabelecida para atingir esse objetivo está apresentada na (Figura 40, p.116) referente a modulação proposta para a EC.

O primeiro objetivo específico desta pesquisa consistiu em Identificar e organizar as propriedades e parâmetros mínimos necessários para o uso de Verificação de Automatizada de Requisitos em projetos de arquitetura de TPS, a Figura 54 (p.144) e os demais requisitos apresentados no Apêndice C - Resultados da Verificação Automatizada de Regras referente aos QA desenvolvidos pelo pesquisador apresentam as informações mínimas necessárias para a criação das 10 regras.

O segundo objetivo específico, consistiu em estruturar as diretrizes de projeto de arquitetura de TPS presentes no Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS codificação: GE.01/201.75/00947/02 (INFRAERO, 2008) para uma lógica de avaliação baseada no modelo BIM visando a simulação em um software de

Verificação Automatizada de Regras, foi atendido na Figura 54 (p.144) e os demais quadros de análise das regras (QA) apresentados no Apêndice C referente a criação das regras extraídas do documento de referência citado neste tópico instanciadas no modelo BIM (hipotético) do TPS.

O terceiro e último objetivo específico referente a demonstrar como a Estrutura Conceitual (EC) poderá tornar mais eficiente o processo de avaliação de projetos arquitetônicos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários com base na Verificação Automatizada de Regras apoiada no BIM, junto às equipes de analistas de projeto aeroportuário da SAC e INFRAERO foi cumprido mediante a realização de das entrevistas de avaliação 05 e 06 apresentado no Apêndice C - Resultado das Entrevistas.

Por fim, a conclusão a respeito do desenvolvimento do modelo conceitual proposto baseado na DSR, foi de que, o mesmo pode beneficiar as equipes de projetistas e analistas de projeto aeroportuário a tirarem proveito da verificação automatizada de regras em projetos aeroportuários desenvolvidos em BIM. Os resultados apresentados nesta pesquisa assim como, as publicações realizadas ao longo do seu desenvolvimento (GUEDES; ANDRADE 2019, 2020, 2021a, 2021b) apresentadas no Apêndice D - publicações realizadas ao longo dos últimos anos, demonstra a relevância da utilização do modelo conceitual desenvolvido pelo pesquisador no processo de avaliação de projetos arquitetônicos de Terminais de Passageiros (TPS) aeroportuários, tendo em vista toda a complexidade e especificidade demandada por este tipo de projeto.

Com base nos resultados obtidos nesta dissertação, seguem abaixo as recomendações para trabalhos futuros:

- Avaliar o uso da EC considerando a utilização da mesma com os outros dois tipos de uso de CC proposto por Eastman *et al.* (2009): Aplicação / Plug-in e Aplicativo baseado na web além do uso demonstrado nessa pesquisa referente a utilização de um software paralelo ao software de projeto (SMC);
- Conceber diferentes combinações estabelecidas (CE) subetapa I - módulo 01 da EC mediante outros dados associados aos grupos contidos no módulo 1: G.1) documentos de referências utilizados para criação das regras (normas, manuais, etc), G.2) disciplina na qual a regra se enquadra, ex.: arquitetura, estruturas, infraestrutura, etc., G.3) categoria na qual a regra se insere, ex.: espaço, acessibilidade, integridade do modelo, etc., G.4) classificação das regras com base em Solihin e Eastman (2015), G.5) propriedades IFC mínimas necessárias para a criação da regra e G.6) informações referente ao sistema ou software de análise utilizado para a criação da regra;
- Explorar a utilização da EC para avaliar parâmetros de projetos associados ao Lado Ar (pátio de aeronaves, apoio de rampa, via de serviço, *taxiway*, pista de pouso e decolagem, etc) mediante a inserção de documentos normativos desta categoria no G.1.;
- Avaliar a possibilidade de uso da EC, concebendo combinações específicas a fim de avaliar parâmetros que em muitos casos extrapolam os limites do sítio aeroportuário, tais como: zoneamento de ruído, zona de proteção, rampa de transição lateral, rampa de aproximação, superfícies de limitação de obstáculos (OLS), dentre outros elementos específicos assim como, utilizar a EC para subsidiar processos de certificação operacional dos aeroportos;
- Avaliar a possibilidade de conceber um Manual de Diretrizes de Projetos Aeroportuários (GUEDES E ANDRADE, 2020) baseado em um conjunto de dados de Quadros de Diretrizes de Modelagem (QD) / Quadro de análise das Regras (QA) e Quadro Síntese da Regras (QS) obtidos mediante as situações mais recorrentes de Projetos Arquitetônicos Aeroportuários de maneira que os projetistas possam consultar o manual na etapa de desenvolvimento do projeto e desenvolverem seus respectivos modelos BIM autorais contendo as informações mínimas necessárias em atendimento aos parâmetros

estabelecidos no manual.

- Avaliar a possibilidade de conceber uma combinação estabelecida (CE) subetapa I - módulo 01 da EC na qual seja possível considerar a inserção no (G.6) de um sistema baseado em Inteligência Artificial (IA) relacionado a *Machine Learning* (ML) em português, Aprendizado de Máquina (AM)⁹ visando o desenvolvimento de aplicações específicas para o processo de avaliação de projetos aeroportuários que possuam a capacidade de aprender com os diversos dados apresentados nos QA e QS;
 - Experimentar a aplicação de técnicas de Aprendizado de Máquina (AM), subárea do campo da Inteligência Artificial (IA) associadas ao Grupo 6 da EC (informações referentes ao sistema ou software de análise para criação das regras) visando o enriquecimento semântico do processo de avaliação de projetos arquitetônicos de TPS. Uma vez que as equipes de analistas de projetos aeroportuários passarem a utilizar a EC com maior frequência e desenvolverem diferentes combinações de Quadros de Análise de Regras (QA) e Quadros Sínteses das Regras (QS) para diferentes cenários de avaliação, esses dados oriundos das combinações poderão serem estruturados em bancos de dados (dados de entrada) a serem utilizados para treinar algoritmos baseados em AM com intuito de conceber um modelo capaz de prever se um determinado conjunto de novos dados de um aeroporto estão aptos ou não aptos.

⁹ Aprendizado de Máquina é uma área de pesquisa da Inteligência Artificial que visa o desenvolvimento de programas de computador com a capacidade de aprender a executar uma dada tarefa com sua própria experiência (FACELI *et al.*, 2011).

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 9050/2020 - **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, Brasil (2020).

ANDRADE, N. **Arquitetura dos terminais aeroportuários de passageiros: função, identidade e lugar**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

AIA. **AIA G202: Project Building Information Modeling Protocol Form**. Nova York, 2013.

ALVES, C. J. P. **Uma Metodologia para Avaliação e Dimensionamento de Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros**. Tese de mestrado, EPUSP, São Paulo, 1981.

ASHFORD, J.L. **The management of Quality in Construction**. London: E&F Spon, 1992.

BARAT, Josef. **O plano de voo da aviação regional**. Revista Custo Brasil. Rio de Janeiro, Ano 3, n. 17, 2008.

BRAAKSMA, J. P. **Planning and Conceptual of the Passenger Terminal System**. CECIA, Rio de Janeiro, 1983.

BENNING, P., DUMOLIN, C., DEHLIN, S., TULKE, J. ÂBERG, P., RYD, N. **Collaboration Processes: A State of the Art**. 2010.

BORRMANN, A.; KÖNING, M.; KOCH, C.; BEETZ, J. (Eds.) **Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice**. 1st. edn. Springer, Cham, pp. 81-126 , 2018.

BIM Forum. **Level of Development Specification**. 2015 Disponível em: <<https://bimforum.org/lod/>>. Acessado em: 01, agosto 2021.

BuildingSMART. **Machine readable Information Delivery Specification**. 2021 Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/projects/information-delivery-specification-ids/>>. Acessado em: 01, agosto 2021a.

BuildingSMART. **Construction operations building information exchange, MVD definition for IFC4**. 2013 Disponível em: http://docs.buildingsmartalliance.org/MVD_COBIE/. Acessado em: 01, agosto 2021.

BuildingSMART. **Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction**. 2021. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>. Acessado em: 01, agosto 2021b.

CAVALCANTE, E. P. G.; DUARTE, C. R. DE S. **ARQUITETURA DE AEROPORTOS: DOS TERMINAIS DE PASSAGEIROS AOS AERO SHOPPINGS**. Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente, v. 2, n. 1, p. 57-68, 8 out. 2017.

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, p. 77–87, 2011.

CBA - **Código Brasileiro de Aeronáutica, 1986. Lei Nº 7.565, de 19 de Dezembro de 1986**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm> Acesso em: 10 janeiro, 2021.

CDG. **US Courts design guide**. Administrative Office of the US Courts, Space and Facilities Division. (2007). <https://www.gsa.gov/cdnstatic/Courts_Design_Guide_07.pdf> Acesso em: 30 junho, 2021.

CECIA. **Manual de Capacidade**. DAC - ITA - USP. Rio de Janeiro, 1980.

CHOI, J.; KIM, I. An approach to share architectural drawing information and document information for automated code checking system. **Tsinghua science and technology**, v. 13, n. S1, p. 171-178, 2008.

CORKE, G. **Solibri Model Checker v8 brings BIM model quality into focus with its powerful rules-based checking and auditing tool**. AEC Magazine, 2013.

CRISTIENNE, Charles. **L'aviation Française, 1890-1919, un certain âge d'or**. Paris: Editora Atlas, 1988.

DING, R. L. DROGEMULLER, M. ROSENMAN, and D. MARCHANT, “**Automating code checking for building designs - DesignCheck**,” Coop. Res. Cent. Constr. Innov., p. 1–16, 2006.

DIMYADI, J.; PAUWELS, P.; AMOR, R. Modelling and accessing regulatory knowledge for computer assisted compliance audit. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 21, n. July, p. 317–336, 2016

EASTMAN, C. *et al.* Automatic rule-based checking of building designs. **Automation in Construction**, v.18, n.8, p.1011-1033, 2009.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. Honoken, New Jersey: John Wiley & Sons, p.589. 2011.

EDM. **EXPRESS Data Manager™ (EDM)**, Disponível em: <<http://www.jotneit.no/expressdata-manager-edm>> 2016 Acesso em: 10 janeiro, 2021.

FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; CARVALHO, A. C. P. L. F. de. **Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FAA. **Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities**. Federal Aviation Administration. Advisory Circular Nº 150/5360-13, 1988. Disponível em: <https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/150_5360_13.pdf>. Acessado em: 01, agosto 2021.

FLEMMING, L. **Um enquadramento sistêmico com características emergentes para a adaptação de terminais de passageiros aeroportuários**. Tese de Doutorado em arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

GUEDES, Í.; ANDRADE, M. Automatic Rule-Based Checking for the Approval of Building Architectural Designs of Airport Passenger Terminals based on BIM. p. 333-338. In: **Proceedings of 37 eCAADe and XXIII SIGraDi Joint Conference**, “Architecture in the Age of the 4Th Industrial Revolution”, Porto 2019.

GUEDES, Í.; ANDRADE, M. Standardization of Airport Architectural Design Projects BIM-based for Code Checking. p. 490-498. In: **Congresso SIGraDi 2020**. São Paulo: Blucher, 2020.

GUEDES, Í.; ANDRADE, M. Man-Machine Interaction in the Evaluation of Airport Design Process in Brazil. *Architecture in the Age of Disruptive Technologies: Transformations and Challenges [9th ASCAAD Conference Proceedings]* ISBN 978-1-907349-20-1 Cairo (Egypt) [Virtual Conference], pp. 742-749, 2021a.

GUEDES, Í.; ANDRADE, M., CARVALHO A. BIM-Based Airport Design Project Standardization (IFC) for Use of Code Checking. In: Eloy S., Leite Viana D., Morais F., Vieira Vaz J. (eds) **Formal Methods in Architecture**. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57509-0_4. 2021b.

HISTORIC CROYDON AIRPORT, **Historic Croydon Airport Trust**. Disponível em: <<https://www.historiccroydonairport.org.uk/>> Acesso em: 01 fev 2022.

IATA. **Capacity Evaluation Study Airport Terminal Facilities**. Montreal, 1975.

ICAA. Methodology for Determining the Capacity of an Airport. Sessão apresentada por Msc. Barbara Bodien, 19º Congresso Anual, Nice, 1979.

INFRAERO. **Dimensionamento Básico com o Momento de Maior Solicitação**. Brasília, 1988.

INFRAERO Aeroportos Brasileiros. Aeroporto Industrial. Apresentação realizada pela Superintendência de Logística de Cargas da Diretoria Comercial - **1º Fórum Infraero**

de Logística para o Desenvolvimento - Goiânia, 2002.

INFRAERO. **Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS.** codificação:GE.01/201.75/00947/02. 2006.

INCAER, Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica. **30 anos depois, A história contada pelos seus protagonistas.** Rio de Janeiro: INCAER, 2016.

ISO 29481-1. **Building Information Modeling—Information Delivery Manual - Part 1: Methodology and Format.** ISO, Geneva, Switzerland, 2ed., 2016. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/60553.html>> Acesso em: 30 junho, 2021.

ISO 29481-2. **Building information models – Information delivery manual - Part 2: Interaction framework.** ISO, Geneva, Switzerland, 2012. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/55691.html>> Acesso em: 30 junho, 2021.

ISO 16739-1. **Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries-Part 1: Data schema.** 2018 Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/70303.html>> Acesso em: 30 junho, 2021.

JEON, K.; LEE, G. Information Delivery Manual (IDM) Configurator: Previous Efforts and Future Work. In 18th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 2018.

KALAY, Y. **Architecture's new media** The MIT Press, Cambridge, 2004.

KASARDA, J. **New Urban Development At and Around Airports.** Presentation to CIFAL 2006 – Liverraging Airports for Economic Development Atlanta, USA.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews.** Technical Report TR/SE-0401, Keele University and NICTA, 2004.

KOSTOF, S. **The Architect.** Oxford, Ed. Oxford University Press, 1977.

KHEMLANI, L. **"CORENET e-PlanCheck: Singapore's Automated Code Checking System",** AECbytes "Building the Future", p.1-8, 2005. <<https://www.aecbytes.com/feature/2005/CORENETePlanCheck.html>> Acesso em: 01 maio, 2021.

LEE, J. **Building Environment Rule and Analysis (BERA) language.** Tese Ph.D., Georgia Institute of Technology ,2011.

LE BOURGET, **Site Officiel de la Mairie LE-Bourget.FR.** Disponível em: <<https://www.le-bourget.fr/Un-peu-d-histoire.html#.YfmNrP7MLIW>> Acesso em: 13 jan 2021.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Suport Systems**, v.15, p. 251-266 (1995).

MARTEL, N.; SENEVIRATNE, P. N. Space Standards for Sizing Air-Terminal Check-in Areas. **Journal Transportation Engineering**, v. 121, nº 2, 1995.

MAZAIRAC, W., BEETZ, J. BIMQL - An open query language for building information models. **Advanced Engineering Informatics** 27 p 444– 456, 2013.

MAINARDI NETO, A. I. **Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô**. São Paulo, 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MARTINS, J. P.; MONTEIRO, A. LicA: a BIM based automated code-checking application for water distribution systems. **Automation in Construction**, v. 29, p. 12-23, 2012.

MANSON, N. J. Is operations research really research? **Orion**, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5784/22-2-40> > Acesso em: 01, setembro 2021.

METROPOLIS (2021). **Manual de Boas Práticas (revisão 2)**. Disponível em: <<http://www.metropolis.solutions/manual-downloads/>> Acesso em: 01, agosto 2021.

MESSNER, J., ANUMBA, C., DUBLER, C., GOODMAN, S., KASPRZAK, C., KREIDER, R., LEICHT, R., SALUJA, C. & ZIKIC, N. 2020. **BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0**. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2020.

MITCHELL, W. J.; MCCULLOUGH, M. **Digital design media: a handbook for architects and design professionals**. 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.

MORETTI. **Terminal do Aeroporto Internacional Guararapes – Gilberto Freyre, Recife – PE**. Revista Projeto, 2005. Disponível em: <<https://revistaprojeto.com.br/acervo/moretti-arquitetura-terminal-do-12-01-2005/>> Acesso em: 01, agosto 2021.

MOÇO, R. M. M. 2015. **Verificação automática de modelos BIM-aplicação à avaliação de qualidade de projetos de edifícios de habitação**, 2015.

NAWARI, O.N.: **Building information modeling: automated code checking and compliance processes**, CRC Press, ISBN-10:1498785336, 2018.

NIBS. **United States National Building Information Modeling Standard, Version 1, Part 1: Overview, Principles, and Methodologies**. Disponível em:

<<http://nbimsdoc.opengeospatial.org/>> 2008. Acesso em: 01, agosto 2021.

OXMAN, R. **Theory and design in the first age**. Design Studies, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.

OXMAN, R. **Thinking difference: theories and models of parametric design thinking**. Design Studies, [s.l.], v. 52, p. 4-39, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001>.

PEARMAN, Hugh. **Airports A century of architecture**. Londres: Laurence King Publishing Ltd 2004.

RIBEIRO, Julio Tollendal Gomes. **Matriz semântica para projetos aeroportuários no Brasil**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers**. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.

SAC. **Manual de projetos aeroportuários**. [livro eletrônico]: volume único - 1. ed. - Brasília, DF: Secretaria Nacional de Aviação Civil, 2021.

SALGUEIRO, Francisco Angotti. **Arquitetura dos terminais de passageiros em aeroportos, panorama histórico, estudo de tipologias e possibilidades de ampliação**, São Paulo, 2006.

SALAMA, D. A.; EL-GOHARY, N. M. Automated compliance checking of construction operation plans using a deontology for the construction domain. **Journal of computing in civil engineering**, v. 27, n. 6, p. 681-698, 2013.

SEE, R. **“SMARTcodes : Enabling BIM Based Automated Code Compliance Checking AEC-ST Conference Presentation – 21-May-08 SMARTcodes : Enabling BIM Based Automated Code Compliance Checking,”**. p. 1–7, 2008.

SILVA, F. P. A. **Verificação automática dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma Bim Solibri Model Checker**. dissertação de mestrado UFMG, 2017.

SILVA, I. **Caracterização da Utilização de Terminais de Passageiros da Aviação Regional**. Dissertação de mestrado, EESC-USP, São Carlos, 1986.

SYDORA, C.; STROULIA, E. Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM. **Automation in Construction**, v. 120, p. 103368, 2020.

SJØGREN, J. **buildingSMART– a smart way for implementation of standards**,

2007.

STBA. **Les Aérograves, Éléments de Conception et de Dimensionnement des Aérograves Passagers**. Paris, 1983.

SOLIHIN, W., EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in Construction** 53, p.69-82, 2015.

SOLIHIN, W; DIMYADI, J; LEE, Y. C. In search of open and practical language-driven BIM-based automated rule checking systems. **Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering**: Proceedings of the 35th CIB W78 2018 Conference, IT in Design, Construction, and Management. Springer, p. 577-586, 2018.

SOLIMAN, J. J. **Framework para suporte à verificação automatizada de requisitos regulamentares em projetos hospitalares**. Porto Alegre, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SOLIMAN, J. J., FORMOSO, C. T., TZORTZOPOULOS, P. A semantic-based framework for automated rule checking in healthcare construction projects. **Canadian Journal of Civil Engineering**. 47(2): p.202-214, 2020.

SUCCAR, B. Episode 24 - **Understanding Model Uses**. BIM ThinkSpace, 2015. Disponível em: <<https://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understandingmodel-uses.html>>. Acesso em: 10, janeiro 2021.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

SUCCAR, B., SALEEB, N., SHER, W. (2016), **Model Uses: Foundations for Modular Requirements Clarification Language**, Australasian Universities Building Education (AUBEA2016), Cairns, Australia, July 6-8, 2016. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/303013287_Model_Uses_Foundations_for_a_Modular_Requirements_Clarification_Language> Acesso em 10 janeiro, 2021.

STEINMANN, R. **IFC Certification of BIM Software**. In: Borrmann, A.; Köning, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Eds.) Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice. 1st. edn. Springer, Cham, pp. 139-154, 2018.

TAYLOR,C; NING,G. *et al.* **Collaboration Platform**. Projeto de pesquisa 2007-003-EP.Brisbane, Australia: Cooperative Research Center for Construction Innovation, 2009. Disponível em: <http://www.construction-innovation.info/images_pdfs_2._Final_Report__Edited__11.08.09>. Acesso em:10 janeiro, 2021.

TRB. **Measuring Airport Landside Capacity**. Transportation Research Board –

Special Report 215, National Research Council, Washington, D. C. 1987.

YOUNG, Seth; WELLS, Alexander. **Aeroportos: Planejamento e gestão**. Tradução: Ronald Saraiva de Menezes. 6ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2014.

YOU, S.-J., YANG, D., EASTMAN, C. M. **“Relational DB Implementation of STEP-Based Product Model.”** CIB World Building Congress 2004, Toronto, Ontario, Canada, May 2-7, 2004.

WOOD, J. W. **Airports: Some elements of design and future development**. New York: Coward-McCann, 1940.

WIDMER, J. A. **Limitações da Aplicabilidade de Conceitos de Hora-pico na Análise da Capacidade de Terminais Aeroportuários**. ITA Agência Brasil, Demanda x Capacidades em Aeroportos, Mesa Redonda Anual, p.75-83, 1988.

ZANIEWSKI, J. P. **Airport Capacity Anlysis: A System Approach**. Tese de mestrado, The University of Texas, Austin, 1974.

APÊNDICE A – DOCUMENTOS COMPLEMENTARES DA RSL

Tabela 30 - Protocolo para RSL: Code Checking

PROTOCOLO RSL – CODE CHECKING	
TIPO	DESCRIÇÃO
OBJETIVO	Identificar, Avaliar e Explicitar quais os artefatos existentes na literatura que tratam de uso de modelo BIM referente a Code Checking e Validation.
QUESTÕES	1. Quais são os sistemas / softwares mais utilizados para uso de CC? 2. Quais são os códigos mais utilizados pertencentes a série 4000 (simulação e quantificação) baseado em Succar (2015)? 3. Quais os tipos de projetos avaliados através do uso de CC?
FONTES / TIPO DE PUBLICAÇÃO	ASCE Library / Anywhere
	COMPENDEX / Subject / Title / Abstract
	SCOPUS / Title / Abstract / Keywords
	SCIELO/ Anywhere
TERMOS DE BUSCA	“BIM” ; “Building Information Modeling” ; “Code Checking” ; “Rule Checking” ; “Automated Code Checking” ; “Architecture”
IDIOMA	Inglês (devido a universalidade do idioma)
FILTROS	Eliminação repetição de bases;
	Não conformidade com os critérios;
	Aplicação dos filtros restritivos.
SUMARIZAÇÃO DOS RESULTADOS	Após a seleção dos trabalhos selecionados, foram elaborados gráficos e tabelas referenciando as análises qualitativa e quantitativa dos dados analisados.

Fonte: O autor (2022)

Figura 60 - Base SCOPUS (repetição de bases)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
scopus	Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM	Sydora, C.; Stroulia, E.	2020	S
scopus	Assessment of model-based data exchange between architectural design and structural analysis	Sibenik, G.; Kovacic, I.	2020	S
scopus	Energy efficiency assessment of a public building resourcing a BIM model	Rodrigues, F. et al.	2020	S
scopus	Automated BIM-based process for wind engineering design collaboration	Delavar, M. et al.	2019	S
scopus	Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution	Chahrour, R. et al.	2020	S
scopus	Evaluation of bim application for water efficiency assessment	Ghazaleh Khoshdelnezamiha et al.	2020	S
scopus	Simulation and Architecture: Mapping Building Information Modeling	Nathalie Bradella	2019	S
scopus	Framework for Automated Model-Based e-Permitting System for Municipal Jurisdictions	Shahi, K. et al.	2019	S
scopus	New Automated BIM Object Classification Method to Support BIM Interoperability	Wu J.; Zhang, J.	2019	S
scopus	Automated design and modeling for mass-customized housing. A web-based design space catalog for timber structures	Biancone et al.	2019	S
scopus	Li-BIM, an agent-based approach to simulate occupant-building interaction from the Building-Information Modelling	Micolier et al.	2019	S
scopus	Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks	Schwabe, K., Teizer, J., König, M.	2019	S
scopus	Experiences learned from an International BIM contest: Software use and information workflow analysis	Montesinos et al.	2019	S
scopus	Research on IFC- And FDS-Based Information Sharing for Building Fire Safety Analysis	Shi et al.	2019	S
scopus	Architectural space feature analysis and classification approach based on building information modeling	J.-X. Li	2017	S
scopus	Analysis of Computer aided architecture and interior design based on building information modeling	Xu, Jin; Sun, Danting	2016	S
scopus	A bim-based web service framework for green building energy simulation and code checking	Cheng, J.C.P., Das, M.	2014	S
scopus	BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation	Ahn, K. U. et al.	2014	S
scopus	Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model	Ma et al.	2013	S
scopus	General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis	Sanguinetti, P. et al.	2007	S
scopus	Bim for sustainability analyse	Salman Azhar; Justin Brown	2009	S
TOTAL				21

Fonte: O autor (2022)

Figura 61- Base SCOPUS (não conformidade com os critérios)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
scopus	Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM	Sydora, C.; Stroulia, E.	2020	S
scopus	Assessment of model-based data exchange between architectural design and structural analysis	Sibenik, G.; Kovacic, I.	2020	S
scopus	Energy efficiency assessment of a public building resourcing a BIM model	Rodrigues, F. et al.	2020	S
scopus	Automated BIM-based process for wind engineering design collaboration	Delavar, M. et al.	2019	N
scopus	Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution	Chahrour, R. et al.	2020	N
scopus	Evaluation of bim application for water efficiency assessment	Ghazaleh Khoshdelnezhami et al.	2020	S
scopus	Simulation and Architecture: Mapping Building Information Modeling	Nathalie Bredella	2019	N
scopus	Framework for Automated Model-Based e-Permitting System for Municipal Jurisdictions	Shah, K. et al.	2019	N
scopus	New Automated BIM Object Classification Method to Support BIM Interoperabilit	Wu J.; Zhang, J.	2019	N
scopus	Automated design and modeling for mass-customized housing. A web-based design space catalog for timber structures	Biancone et al.	2019	N
scopus	Li-BIM, an agent-based approach to simulate occupant-building interaction from the Building-Information Modelling	Micollet et al.	2019	S
scopus	Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks	Schwabe, K., Teizer, J., König, M.	2019	S
scopus	Experiences learned from an international BIM contest: Software use and information workflow analysis to be published in: Journal of Building Engineering	Montesinos et al.	2019	N
scopus	Research on IFC- And FDS-Based Information Sharing for Building Fire Safety Analysis	Shi et al.	2019	S
scopus	Architectural space feature analysis and classification approach based on building information modeling	J.-X. Li	2017	S
scopus	Analysis of Computer aided architecture and interior design based on building information modeling	Xu, Jin; Sun, Danting	2016	N
scopus	A bim-based web service framework for green building energy simulation and code checking	Cheng, J.C.P., Das, M.	2014	S
scopus	BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation	Ahn, K. U. et al.	2014	S
scopus	Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model	Ma et al.	2013	S
scopus	General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis	Sanguinetti, P. et al.	2007	S
scopus	Bim for sustainability analyse	Selman Azhar; Justin Brown	2009	N
TOTAL				12

Fonte: O autor (2022)

Figura 62 - Base SCOPUS (aplicação filtros restritivos)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
scopus	Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM	Sydora, C.; Stroulia, E.	2020	S
scopus	Assessment of model-based data exchange between architectural design and structural analysis	Sibenik, G.; Kovacic, I.	2020	S
scopus	Energy efficiency assessment of a public building resourcing a BIM model	Rodrigues, F. et al.	2020	S
scopus	Automated BIM-based process for wind engineering design collaboration	Delavar, M. et al.	2019	N
scopus	Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution	Chahrouh, R. et al.	2020	N
scopus	Evaluation of bim application for water efficiency assessment	Ghazaleh Khoshdelnezhad et al.	2020	S
scopus	Simulation and Architecture: Mapping Building Information Modeling	Nathalie Bredella	2019	N
scopus	Framework for Automated Model-Based e-Permitting System for Municipal Jurisdictions	Shahi, K. et al.	2019	N
scopus	New Automated BIM Object Classification Method to Support BIM Interoperability	Wu J.; Zhang, J.	2019	N
scopus	Automated design and modeling for mass-customized housing. A web-based design space catalog for timber structures	Biancone et al.	2019	N
scopus	Li-BIM, an agent-based approach to simulate occupant-building interaction from the Building Information Modelling	Micolier et al.	2019	S
scopus	Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks	Schwabe, K., Teizer, J., König, M.	2019	S
scopus	Experiences learned from an international BIM contest: Software use and information workflow analysis to be published in: Journal of Building Engineering	Montesinos et al.	2019	N
scopus	Research on IFC- And FDS-Based Information Sharing for Building Fire Safety Analysis	Shi et al.	2019	N
scopus	Architectural space feature analysis and classification approach based on building information modeling	J.-X. Li	2017	N
scopus	Analysis of Computer aided architecture and interior design based on building information modeling	Xu, Jin; Sun, Danting	2016	N
scopus	A bim-based web service framework for green building energy simulation and code checking	Cheng, J.C.P., Das, M.	2014	S
scopus	BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation	Ahn, K. U. et al.	2014	S
scopus	Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model	Ma et al.	2013	N
scopus	General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis	Sanguinetti, P. et al.	2007	S
scopus	Bim for sustainability analyse	Salman Azhar; Justin Brown	2009	N
TOTAL				9

Fonte: O autor (2022)

Figura 63 - Base ASCE

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
asce	Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design	Xiangyang Tan; Amin Hammad; and Paul Fazio, P.E.	2010	S
asce	BIM-Model Checking in Building Design	Nawari, O. Nawari	2012	S
asce	BIM-based Model Checking (BMC)	Eilif Hjelseth	2015	S
asce	A BIM-Based Code Checking Approach for Green Construction	Shaohua Jiang; Zheng Wu	2017	S
asce	Graphical Scripting Approach Integrated with Speech Recognition for BIM-Based Rule Checking	Yong-Cheol Lee et al.	2018	S
asce	Refinement of the Visual Code Checking Language for an Automated Checking of Building Information Models Regarding Applicable Regulations	Cornelius Preidel; André Borrmann	2017	S
asce	A Framework for Automatic Safety Checking of Building Information Models	Zhang et al.	2012	S
asce	Automated Rule-Based Checking for the Validation of Accessibility and Visibility of a Building Information Model	Y. C. Lee; C. M. Eastman; and J. K. Lee	2015	S
asce	A Comparative Analysis of Five Rule-Based Model Checking Platforms	Lee et al.	2020	S
asce	Using Building Information Modeling to Transform the Building Codes Compliance Process	Anderson A.	2020	S
asce	Semantic Modeling for Automated Compliance Checking	D. M. Salama; N. M. El-Gohary	2011	S
asce	Automated Information Transformation for Automated Regulatory Compliance Checking in Construction	Zhang et al.	2015	S
asce	VPL-Based Code Translation for Automated Compliance Checking of Building Envelope Energy Efficiency	Zhou et al.	2018	S
asce	Automated Compliance Checking of Construction Operation Plans Using a Deontology for the Construction Domain	Dareen A. Salama and Nora M. El-Gohary, A.M.ASCE	2013	S
asce	Automating Codes Conformance	Nawari, O. Nawari	2012	S
asce	Automated Reasoning for Regulatory Compliance Checking in the Construction Domain	Jiansong Zhang; Nora M. El-Gohary	2014	S
asce	SmartCodes and BIM	Nawari, O. Nawari	2013	S
asce	New Automated BIM Object Classification Method to Support BIM Interoperability	Jin Wu, S.; Jiansong Zhang	2019	N
asce	Framework for Automated Model-Based e-Permitting System for Municipal Jurisdictions	Shahi, K. et al.	2019	N
asce	Automating Codes Conformance in Structural Domain	Nawari, O. Nawari	2011	S
asce	Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State of the Art and Research Framework	Sacks et al.	2019	S
asce	Intelligent Design Codes	Nawari, O. Nawari	2009	S
TOTAL				20

Fonte: O autor (2022)

Figura 64 - Base ASCE (não conformidade com os critérios)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
asce	Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design	Xiangyang Tan; Amin Hammad; and Paul Fazio, P.E.	2010	S
asce	BIM-Model Checking in Building Design	Nawari, O. Nawari	2012	N
asce	BIM-based Model Checking (BMC)	Ellif Hjelseth	2015	S
asce	A BIM-Based Code Checking Approach for Green Construction	Shaohua Jiang ; Zheng Wu	2017	N
asce	Graphical Scripting Approach Integrated with Speech Recognition for BIM-Based Rule Checking	Yong-Cheol Lee et al.	2018	S
asce	Refinement of the Visual Code Checking Language for an Automated Checking of Building Information Models Regarding Applicable Regulations	Cornelius Preidel ; André Borrmann	2017	N
asce	A Framework for Automatic Safety Checking of Building Information Models	Zhang et al.	2012	N
asce	Automated Rule-Based Checking for the Validation of Accessibility and Visibility of a Building Information Model	Y. C. Lee; C. M. Eastman; and J. K. Lee	2015	S
asce	A Comparative Analysis of Five Rule-Based Model Checking Platforms	Lee et al.	2020	N
asce	Using Building Information Modeling to Transform the Building Codes Compliance Process	Anderson A.	2020	N
asce	Semantic Modeling for Automated Compliance Checking	D. M. Salama ; N. M. El-Gohary	2011	S
asce	Automated Information Transformation for Automated Regulatory Compliance Checking in Construction	Zhang et al.	2015	S
asce	VPL-Based Code Translation for Automated Compliance Checking of Building Envelope Energy Efficiency	Zhou et al.	2018	N
asce	Automated Compliance Checking of Construction Operation Plans Using a Deontology for the Construction Domain	Dareen A. Salama and Nora M. El-Gohary, A.M.ASCE	2013	S
asce	Automating Codes Conformance	Nawari, O. Nawari	2012	N
asce	Automated Reasoning for Regulatory Compliance Checking in the Construction Domain	Jiansong Zhang ; Nora M. El-Gohary	2014	N
asce	SmartCodes and BIM	Nawari, O. Nawari	2013	N
asce	Automating Codes Conformance in Structural Domain	Nawari, O. Nawari	2011	S
asce	Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State of the Art and Research Framework	Sacks et al.	2019	N
asce	Intelligent Design Codes	Nawari, O. Nawari	2009	N
TOTAL				8

Fonte: O autor (2022)

Figura 65 - Base ASCE (aplicação dos filtros restritivos)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
asce	Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design	Xiangyang Tan; Amin Hammad; and Paul Fazio, P.E.	2010	S
asce	BIM-Model Checking in Building Design	Nawari, O. Nawari	2012	N
asce	BIM-based Model Checking (BMC)	Eilif Hjelseth	2015	S
asce	A BIM-Based Code Checking Approach for Green Construction	Shachua Jiang ; Zheng Wu	2017	N
asce	Graphical Scripting Approach Integrated with Speech Recognition for BIM-Based Rule Checking	Yong-Cheol Lee et al.	2018	S
asce	Refinement of the Visual Code Checking Language for an Automated Checking of Building Information Models Regarding Applicable Regulations	Cornelius Preidel ; André Borrmann	2017	N
asce	A Framework for Automatic Safety Checking of Building Information Models	Zhang et al.	2012	N
asce	Automated Rule-Based Checking for the Validation of Accessibility and Visibility of a Building Information Model	Y. C. Lee; C. M. Eastman; and J. K. Lee	2015	S
asce	A Comparative Analysis of Five Rule-Based Model Checking Platforms	Lee et al.	2020	N
asce	Using Building Information Modeling to Transform the Building Codes Compliance Process	Anderson A.	2020	N
asce	Semantic Modeling for Automated Compliance Checking	D. M. Salama ; N. M. El-Gohary	2011	N
asce	Automated Information Transformation for Automated Regulatory Compliance Checking in Construction	Zhang et al.	2015	N
asce	VPL-Based Code Translation for Automated Compliance Checking of Building Envelope Energy Efficiency	Zhou et al.	2018	N
asce	Automated Compliance Checking of Construction Operation Plans Using a Deontology for the Construction Domain	Dareen A. Salama and Nora M. El-Gohary, A.M. ASCE	2013	S
asce	Automating Codes Conformance	Nawari, O. Nawari	2012	N
asce	Automated Reasoning for Regulatory Compliance Checking in the Construction Domain	Jiansong Zhang ; Nora M. El-Gohary	2014	N
asce	SmartCodes and BIM	Nawari, O. Nawari	2013	N
asce	Automating Codes Conformance in Structural Domain	Nawari, O. Nawari	2011	S
asce	Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State of the Art and Research Framework	Sacks et al.	2019	N
asce	Intelligent Design Codes	Nawari, O. Nawari	2009	N
TOTAL				6

Fonte: O autor (2022)

Figura 66 - Base COMPEDEX

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
compendex	A semantic-based framework for automated rule checking in healthcare construction projects	Soliman-Junior et al.	2020	S
compendex	A performance benchmark over semantic rule checking approaches in construction industry	Pauwels et al.	2017	S
compendex	A bim-based web service framework for green building energy simulation and code checking	Jack C.P. Cheng ; Moumita Das	2014	N
compendex	Visual language approach to representing KBimCode-based Korea building code sentences for automated rule checking	Kim et al.	2019	S
compendex	LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems	Martins, João Poças ;Monteiro, André	2013	S
compendex	Requirements for computational rule checking of requests for proposals (RFPs) for building designs in South Korea	Uhm et al.	2015	S
compendex	A semantic rule checking environment for building performance checking	Pauwels et al.	2011	S
compendex	An Approach to Share Architectural Drawing Information and Document Information for Automated Code Checking System	Choi, Jungsik ; Kim, Inhan	2008	S
compendex	Development of kbim e-submission prototypical system for the openbim-based building permit framework	Kim et al.	2020	S
compendex	Automating codes conformance	Nawari, O. Nawari	2012	N
compendex	Towards code compliance checking on the basis of a visual programming language	Dimyadi, J. et al.	2016	S
compendex	Implementation of a BIM Domain-specific Language for the Building Environment Rule and Analysis	Lee, J.; Eastman, C.; Lee Y.	2014	S
compendex	Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules	Zhang, Sijie et al.	2013	S
compendex	Applying rule-based model-checking to construction site layout planning tasks	Schwabe et al.	2019	N
compendex	BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning	Zhang, Sijie et al.	2015	S
compendex	Automatic rule-based checking of building designs	Eastman, C. et al.	2009	S
compendex	The introduction of building simulation into an architectural faculty: Preliminary findings	Aloísio Leoni Schmid	2008	S
TOTAL				14

Fonte: O autor (2022)

Figura 67 - Base COMPENDEX (não conformidade com os critérios)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
compendex	A semantic-based framework for automated rule checking in healthcare construction projects	Soliman-Junior et al.	2020	S
compendex	A performance benchmark over semantic rule checking approaches in construction industry	Pauwels et al.	2017	N
compendex	Visual language approach to representing KBimCode-based Korea building code sentences for automated rule checking	Kim et al.	2019	N
compendex	LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems	Martins, João Poças ;Monteiro, André	2013	S
compendex	Requirements for computational rule checking of requests for proposals (RFPs) for building designs in South Korea	Uhm et al.	2015	N
compendex	A semantic rule checking environment for building performance checking	Pawels et al.	2011	S
compendex	An Approach to Share Architectural Drawing Information and Document Information for Automated Code Checking System	Choi, Jungsik ; Kim, Inhan	2008	S
compendex	Development of kbim e-submission prototypical system for the openbim-based building permit framework	Kim et al.	2020	S
compendex	Towards code compliance checking on the basis of a visual programming language	Dimyadi, J. et al.	2016	S
compendex	Implementation of a BIM Domain-specific Language for the Building Environment Rule and Analysis	Lee, J.; Eastman, C.; Lee Y.	2014	S
compendex	Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules	Zhang, Sijie et al.	2013	S
compendex	BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning	Zhang, Sijie et al.	2015	S
compendex	Automatic rule-based checking of building designs	Eastman, C. et al.	2009	S
compendex	The introduction of building simulation into an architectural faculty: Preliminary findings	Aloísio Leoni Schmid	2008	N
TOTAL				10

Fonte: O autor (2022)

Figura 68 - Base COMPENDEX (aplicação dos filtros restritivos)

FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
compindex	A semantic-based framework for automated rule checking in healthcare construction projects	Soliman-Junior et al.	2020	S
compindex	A performance benchmark over semantic rule checking approaches in construction industry	Pauwels et al.	2017	N
compindex	Visual language approach to representing KBimCode-based Korea building code sentences for automated rule checking	Kim et al.	2019	N
compindex	LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems	Martins, João Poças ;Monteiro, André	2013	S
compindex	Requirements for computational rule checking of requests for proposals (RFPs) for building designs in South Korea	Uhm et al.	2015	N
compindex	A semantic rule checking environment for building performance checking	Pawels et al.	2011	N
compindex	An Approach to Share Architectural Drawing Information and Document Information for Automated Code Checking System	Choi, Jungsik ; Kim, Inhan	2008	S
compindex	Development of kbim e-submission prototypical system for the openbim-based building permit framework	Kim et al.	2020	N
compindex	Towards code compliance checking on the basis of a visual programming language	Dimyadi, J. et al.	2016	S
compindex	Implementation of a BIM Domain-specific Language for the Building Environment Rule and Analysis	Lee, J.; Eastman, C.; Lee Y.	2014	N
compindex	Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules	Zhang, Sijie et al.	2013	S
compindex	BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning	Zhang, Sijie et al.	2015	S
compindex	Automatic rule-based checking of building designs	Eastman, C. et al.	2009	S
compindex	The introduction of building simulation into an architectural faculty: Preliminary findings	Aloísio Leoni Schmid	2008	N
TOTAL				7

Fonte: O autor (2022)

Figura 69 - Base SCIELO

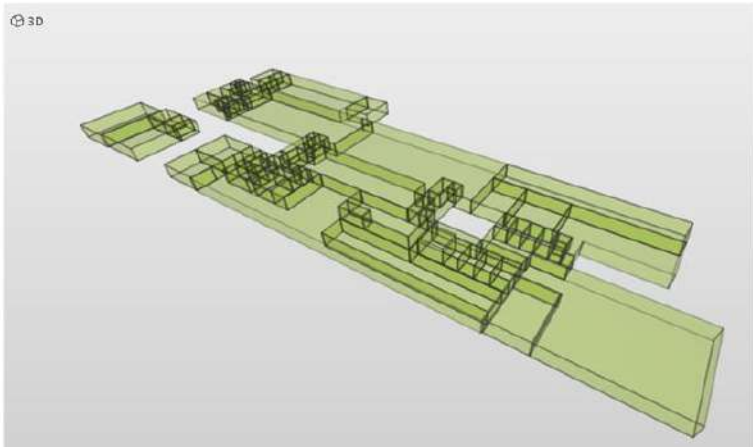
FONTE	TÍTULO	AUTOR (ES)	ANO	S / N
scielo	O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM	Kater, Marcel and Ruschel, Regina Coeli.	2020	S
scielo	Método para verificação automatizada de requisitos em empreendimentos Habitacionais de Interesse Social	Fernandes, Guilherme von der Heyde et al.	2018	S
TOTAL				2

Fonte: O autor (2022)

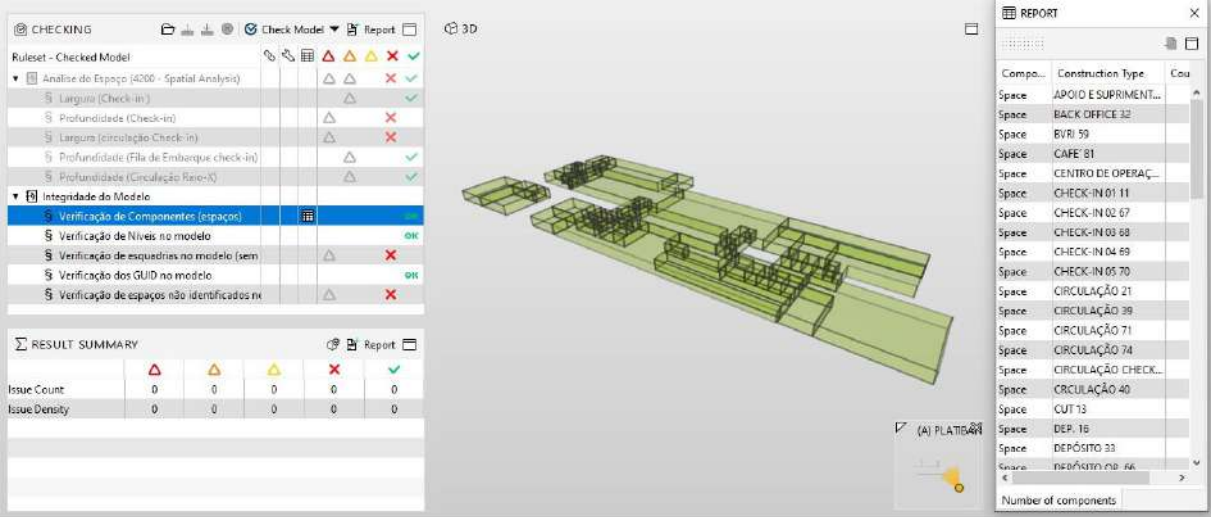
APÊNDICE B – RESULTADOS DA VERIFICAÇÃO AUTOMATIZADA (10 REGRAS)

Nesse tópico, está apresentado os Quadro de Análise das Regras (QA) contendo as 10 regras instanciadas no Solibri Model Checker (SMC) executadas no modelo BIM do Terminal de Passageiros Aeroportuário (hipotético) desenvolvido pelo pesquisador.

Figura 70 – (A) QA Regra 01 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 01 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 01																				
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.01		
														Entidade IFC				SOL /11		
														ifcSpace	-	-	-			
01	Regra 01	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Informações (regra)																				
Descrição: verificação de ambientes (Room / Space) no modelo																				
Condição: ter componentes (Room / Space) no modelo																				
Referências																				
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)																				
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																				
MVD: Model View Definition																				
C.V.2.0: Cordination View 2.0																				
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)																				
Imagem ou Croqui (referência)																				
																				

(A)



(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 71 – (A) QA Regra 02 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 02 no SMC

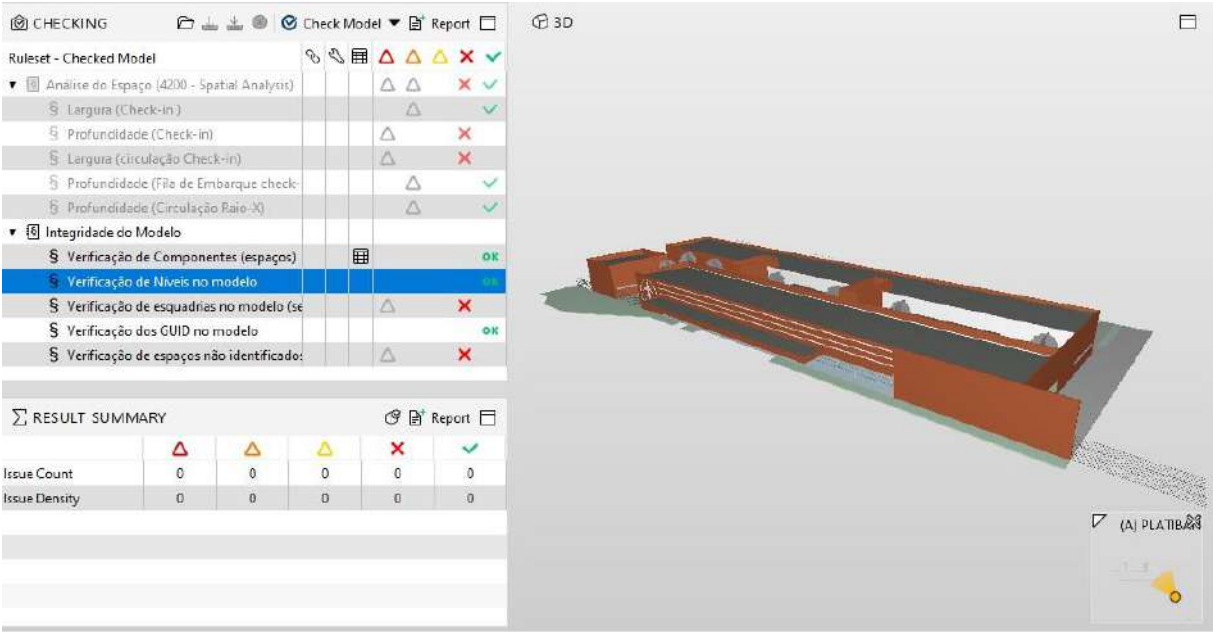
Quadro de Análise (QA) - Regra 02																				
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V. 2.0				T.01		
														Entidade IFC				SOL / I76		
														ifcSpace						
01	Regra 02	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Informações (regra)	
Descrição: verificação de níveis (Level) no modelo	
Condição: ter componente (Level) no modelo	

Referências	
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)	
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)	
MVD: Model View Definition	
C.V.2.0: Coordination View 2.0	
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)	

Imagem ou Croqui (referência)	
11 <	

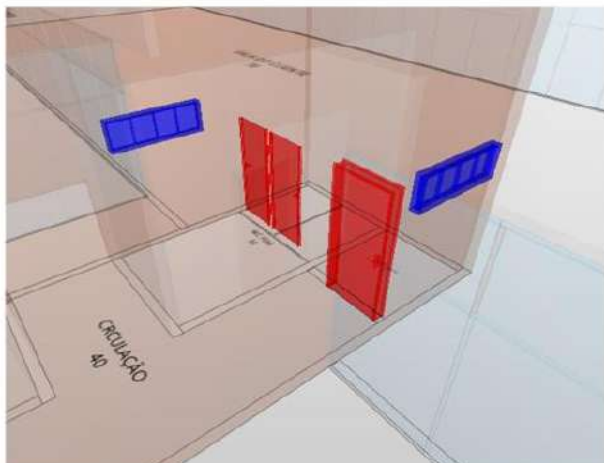
(A)



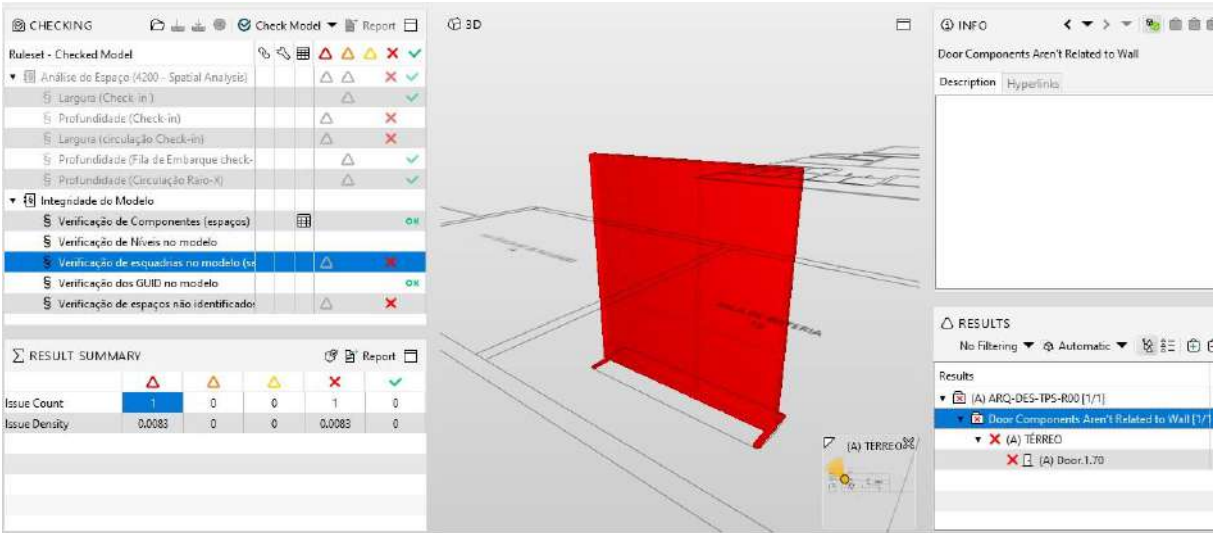
(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 72 - (A) QA Regra 03 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 01 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 03																				
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.01		
														Entidade IFC				SQL /1176		
														ifcWall	ifcDoor	ifcWindow				
01	Regra 03	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Informações (regra)																				
Descrição: verificação de esquadrias no modelo (com hospedeiro)																				
Condição: todas esquadrias no modelo devem possuir elementos hospedeiros (parede, painel, etc.)																				
Referências																				
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)																				
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																				
MVD: Model View Definition																				
C.V.2.0: Cordination View 2.0																				
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)																				
Imagem ou Croqui (referência)																				
																				

(A)



(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 73 – (A) QA Regra 04 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 04 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 04																									
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)								Software de Análise (SMC)			
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V. 2.0								T.01			
														Entidade IFC								IfcDoor	IfcWindow	IfcSlab	IfcRoof
01	Regra 04	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Informações (regra)

Descrição:

verificação de GUID em todos os componentes do modelo

Condição:

todos os componentes (famílias de sistema, componentes, modeladas no local) devem possuir GUID

Referências

DOC.01:

Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)

[1]:

Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)

MVD:

Model View Definition

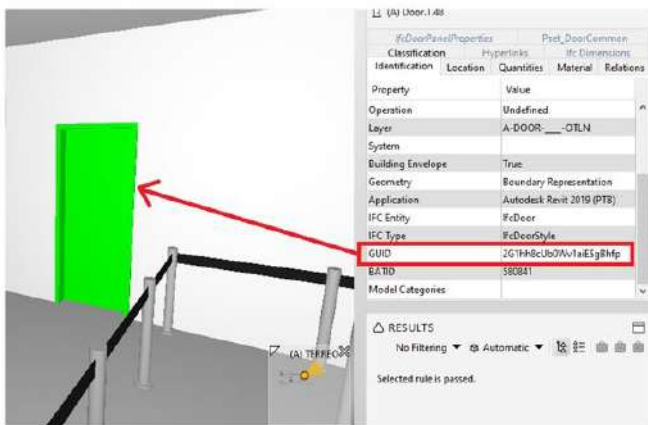
C.V.2.0:

Coordination View 2.0

T01:

Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)

Imagem ou Croqui (referência)



(A)

CHECKING

Check Model

Report

Ruleset - Checked Model

▼

Análise do Espaço (4200 - Spatial Analysis)

↳ Largura (Check-in)

↳ Profundidade (Check-in)

↳ Largura (Circulação Check-in)

↳ Profundidade (Fila de Embarque)

↳ Profundidade (Circulação Rápida)

▼

Integridade do Modelo

↳ Verificação de Componentes

↳ Verificação de Nível no modelo

↳ Verificação de esquadrias no modelo

↳ Verificação dos GUID no modelo

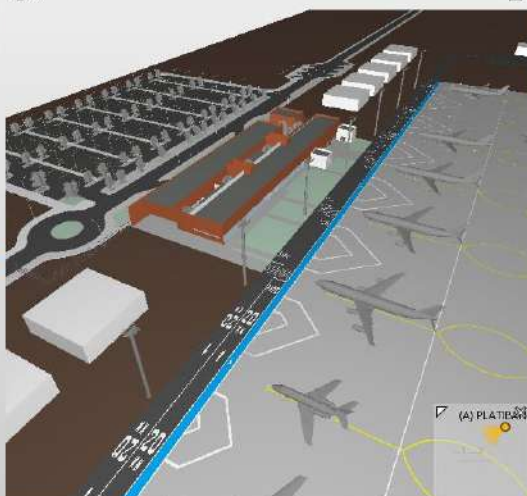
↳ Verificação de espaços não ideais

RESULT SUMMARY

Report

	△	△	△	×	✓
Issue Count	0	0	0	0	0
Issue Density	0	0	0	0	0

3D



INFO

Verificação dos GUID no modelo

Description

Hyperlinks

Esta regra verifica se todos os componentes do modelo possuem valores GUID.

(Solibri, Inc. - 2016-05-31)

Support Tag: SOL/176/2.2

Rule Help

RESULTS

No Filtering

Automatic

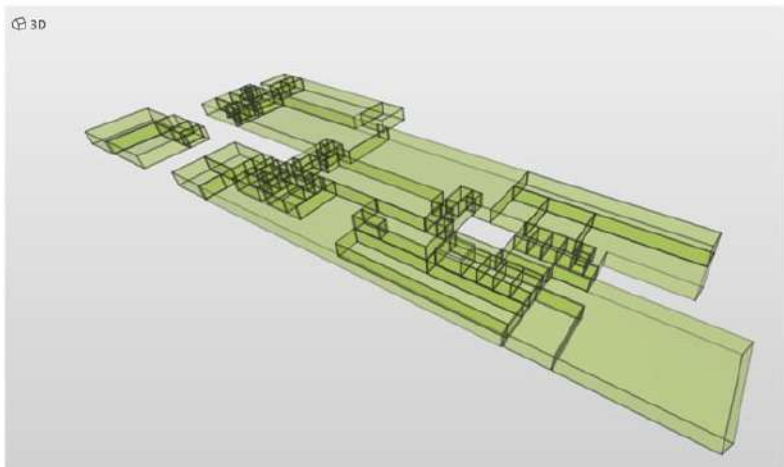
Selected rule is passed.

Figura 74 – (A) QA Regra 05 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 05 no SMC

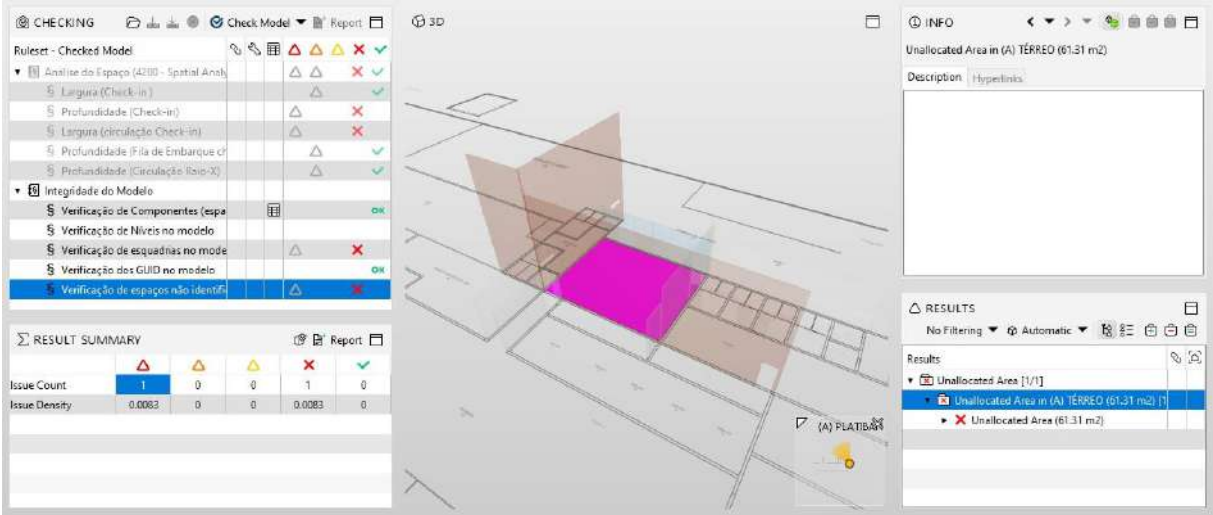
Quadro de Análise (QA) - Regra 05																				
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.01		
														Entidade IFC				SOL /202	-	-
														ifcSpace	-	-	-			
01	Regra 05	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Informações (regra)																		
Descrição: verificação de ambientes (Room / Space) no modelo																		
Condição: ter todos os componentes (Room / Space) identificados no modelo																		

Referências																		
DOC.01: Conjunto de Regras do Solibri Model Checker (SMC)																		
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																		
MVD: Model View Definition																		
C.V.2.0: Cordination View 2.0																		
T01: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Integridade do Modelo (.cset)																		

Imagem ou Croqui (referência)																		
																		

(A)

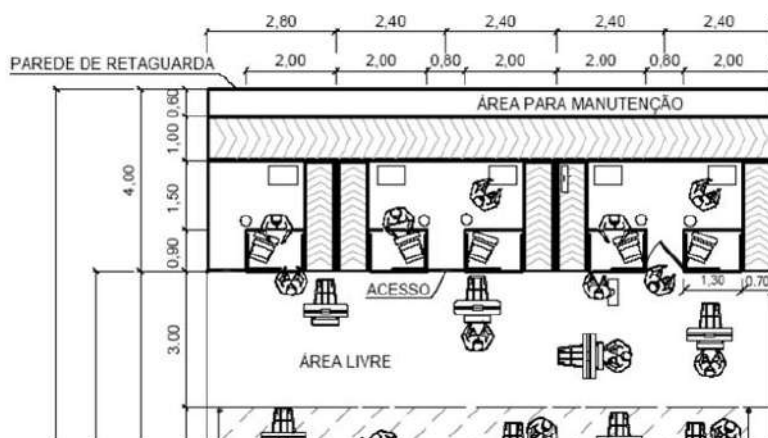


(B)

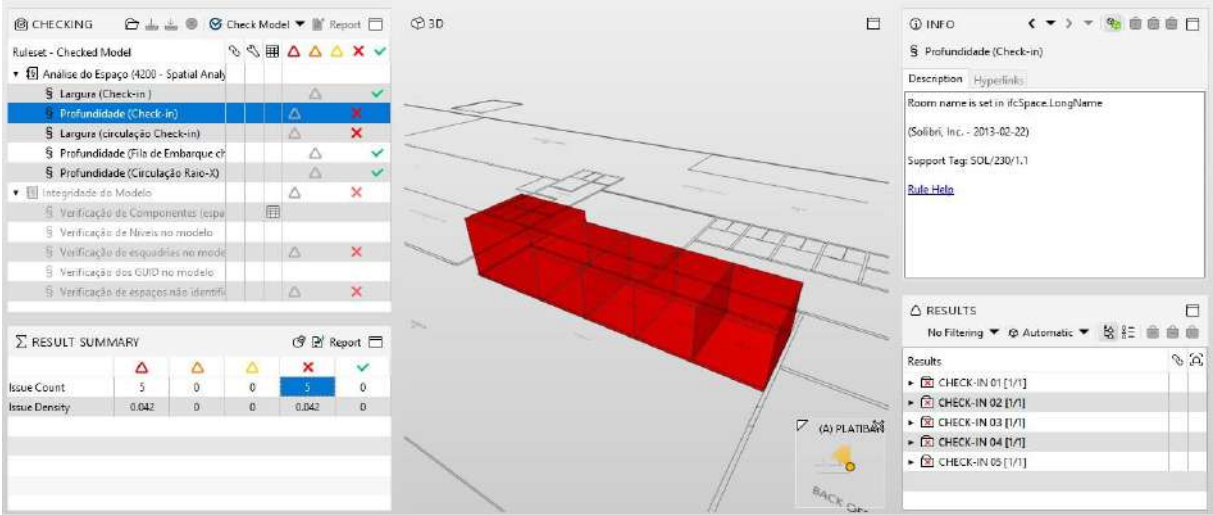
Fonte: O autor (2022)

Figura 75 – (A) QA Regra 06 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 06 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 06																				
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.02		
														Entidade IFC				SOL /230		
														ifcSpace						
02	Regra 06	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Informações (regra)																				
Descrição: profundidade mínima do balcão de check-in																				
Condição: profundidade mínima ≥ 4,00m																				
Referências																				
DOC.02: Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS - INFRAERO (2008)																				
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																				
MVD: Model View Definition																				
C.V.2.0: Cordination View 2.0																				
T02: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Análise do Espaço (.cset)																				
Imagem ou Croqui (referência)																				



(A)



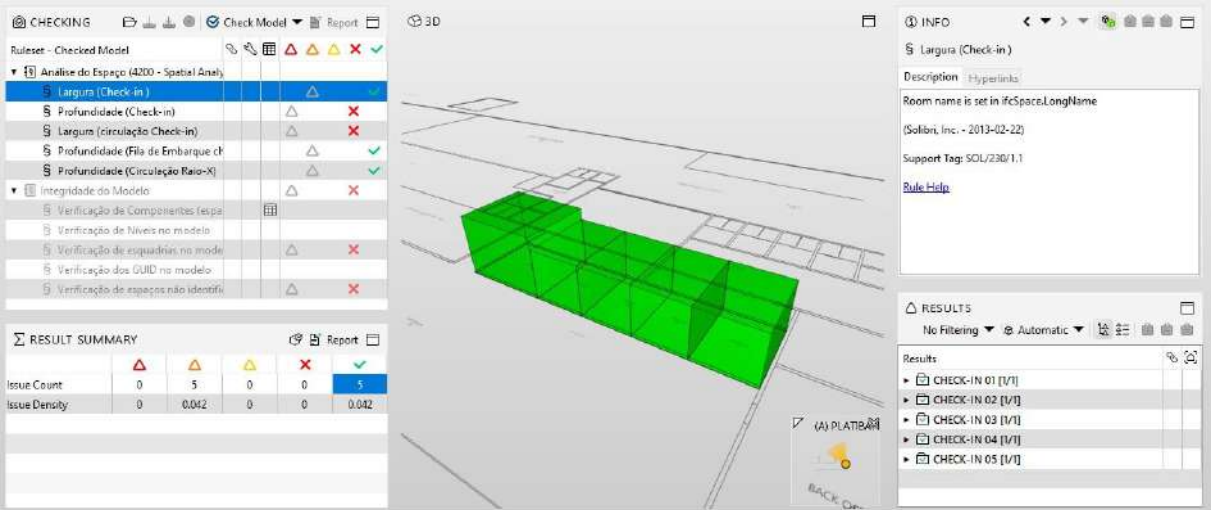
(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 76 - (A) QA Regra 07 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 07 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 07																					
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)			
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod...	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.02			
														Entidade IFC				SOL /230			
														ifcSpace							
02	Regra 07	X	-		-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	
-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Informações																					
Descrição: largura mínima do área de check-in																					
Condição: largura mínima ≥ 2,40m																					
Referências																					
DOC.02: Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS - INFRAERO (2008)																					
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																					
MVD: Model View Definition																					
C.V.2.0: Cordination View 2.0																					
T02: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Análise do Espaço (.cset)																					
Imagem ou Croqui (referência)																					

(A)



(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 77 - (A) QA Regra 08 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 08 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 08																				
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)		
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.02		
														Entidade IFC				SOL /230		
														ifcSpace						
02	Regra 08	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Informações

Descrição: largura mínima do área de check-in

Condição: largura mínima $\geq 2,40m$ **Referências**

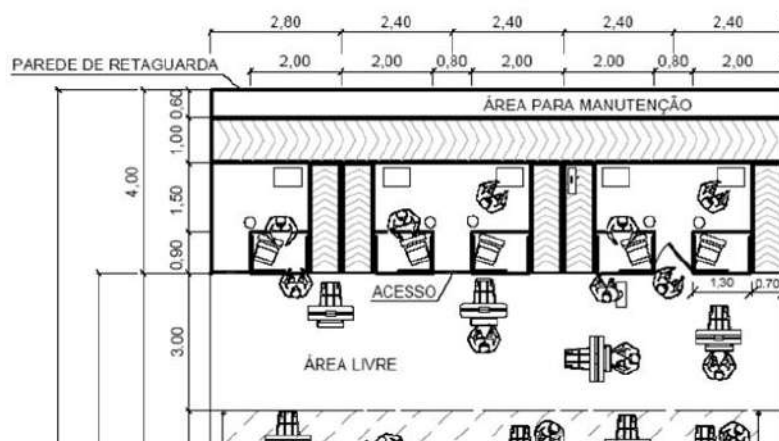
DOC.02: Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS - INFRAERO (2008)

[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)

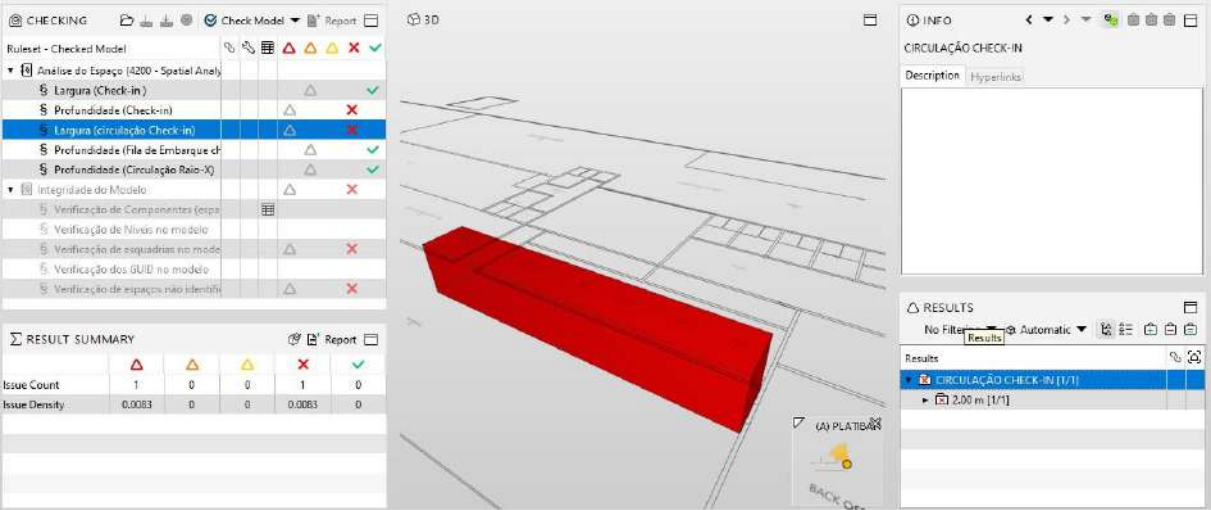
MVD: Model View Definition

C.V.2.0: Cordination View 2.0

T02: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Análise do Espaço (.cset)

Imagem ou Croqui (referência)

(A)



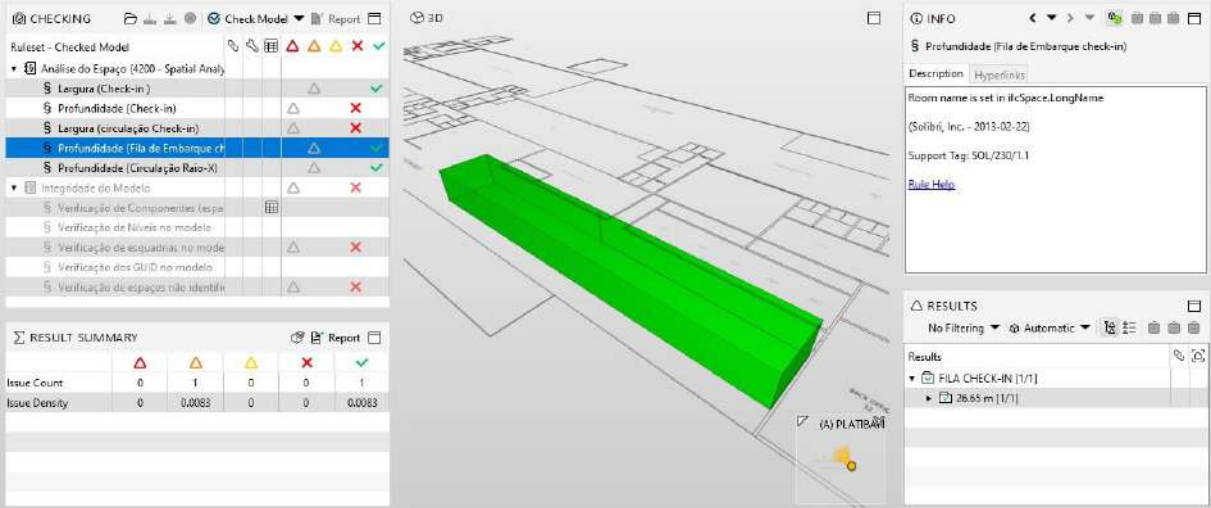
(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 78 - (A) QA Regra 09 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 09 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 09																					
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)			
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.02			
														Entidade IFC				SOL /230			
														ifcSpace	-	-	-				
02	Regra 09	X	-		-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	
-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Informações																					
Descrição: profundidade mínima para formação de fila (check-in)																					
Condição: profundidade mínima ≥ 12,00m																					
Referências																					
DOC.02: Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS - INFRAERO (2008)																					
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)																					
MVD: Model View Definition																					
C.V.2.0: Cordination View 2.0																					
T02: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Análise do Espaço (.cset)																					
Imagem ou Croqui (referência)																					

(A)



(B)

Fonte: O autor (2022)

Figura 79 - (A) QA Regra 10 / (B) Resultado da verificação automatizada da Regra 10 no SMC

Quadro de Análise (QA) - Regra 10																					
Doc. (ref.)	Descrição da regra	Disciplina				Categoria				Classificação [1]				Formato (IFC)				Software de Análise (SMC)			
		Arquitetura	Estruturas	Infraestrutura	Outras...	Integridade do Mod.	Acessibilidade (4010 - Accessibility Analysis)	Espaço (4200 - Spatial Analysis)	Outras...	Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	MVD: C.V 2.0				T.02			
														Entidade IFC				SOL /230			
														ifcSpace	-	-	-				
02	Regra 10	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Informações

Descrição: profundidade mínima para formação de fila (Raio X)

Condição: profundidade mínima ≥ 6,00m

Referências

DOC.02: Memorial de Critérios e Condicionantes - Arquitetura / TPS - INFRAERO (2008)

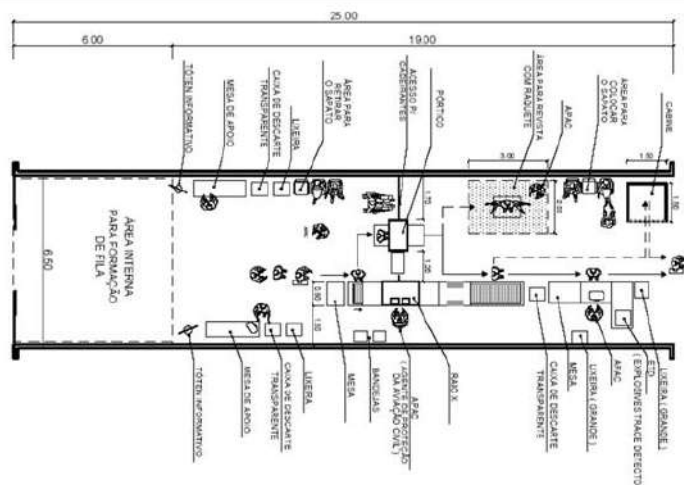
[1]: Classificação proposta por Solihin, Eastman (2015)

MVD: Model View Definition

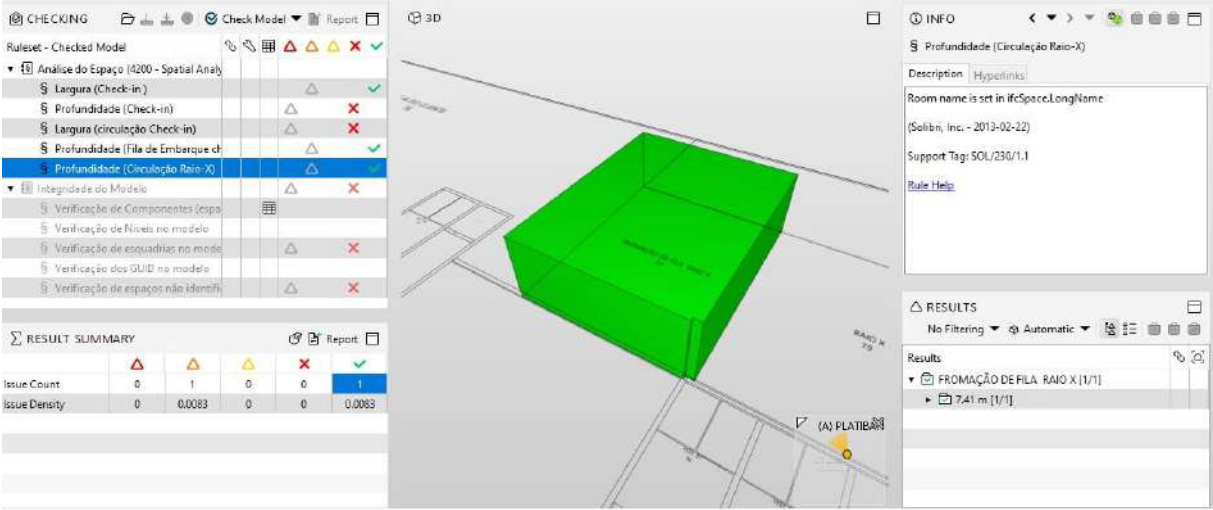
C.V.2.0: Cordination View 2.0

T02: Template de Regras (Solibri Model Checker) - Análise do Espaço (.cset)

Imagem ou Croqui (referência)



(A)



(B)

Fonte: O autor (2022)

APÊNDICE C – RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

Nesse tópico, está apresentado os resultados das entrevistas 04 e 05 (avaliação da Estrutura Conceitual) realizadas junto a equipe de analistas de projeto aeroportuário da SAC e INFRAERO.

Avaliação da EC - Equipe da Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC)

Quantidade de profissionais entrevistados: 05

Data (realização das entrevistas): 04/01/22

- Entrevistado 01: Coordenadora
- Entrevistado 02: Analista de Infraestrutura
- Entrevistado 03: Chefe de Divisão
- Entrevistado 04: Engenheiro
- Entrevistado 05: Analista de Infraestrutura

Figura 80 - Função / cargo (entrevistados SAC)

Função / cargo (SAC):

5 respostas



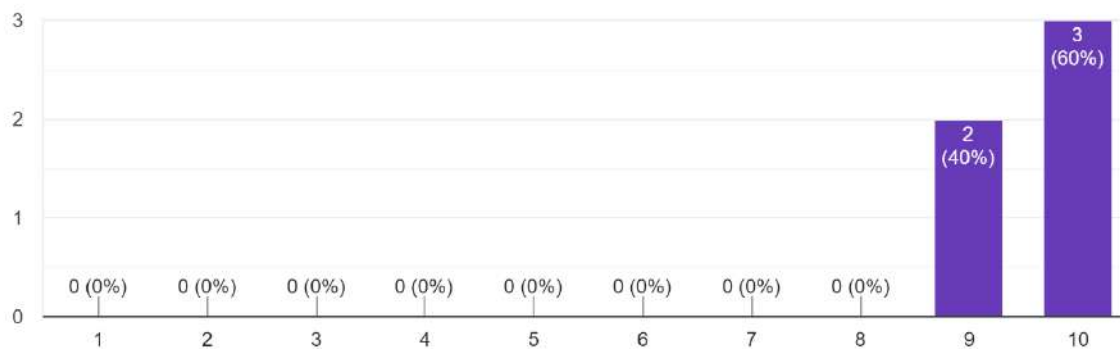
Fonte: O autor (2022)

1. Avaliação da Estrutura Conceitual (desempenho):

Figura 81 - Questão 01 (SAC)

1.1 Identificação e organização das propriedades e parâmetros contidos na EC para vaibilização uso de Code Checking em projetos de Arquitetura ... pode ser útil para o cumprimento deste tópico).

5 respostas

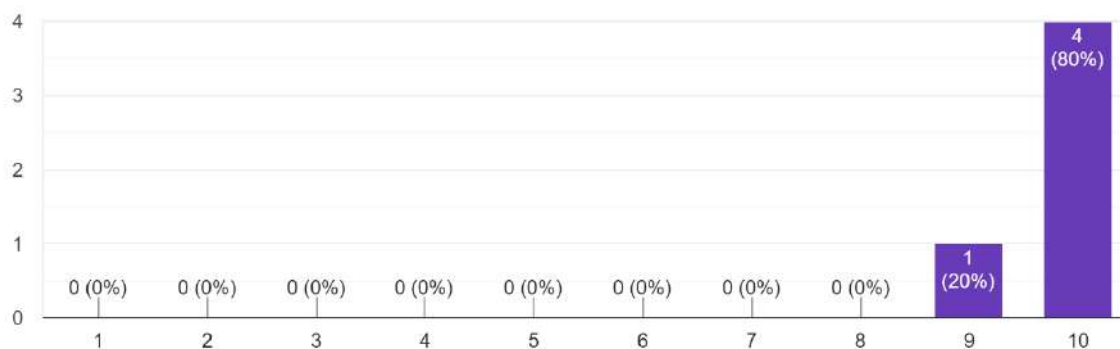


Fonte: O autor (2022)

Figura 82 - Questão 02 (SAC)

1.2 Padronização no processo de criação de regras mediante a flexibilidade da EC possibilitando que seja concebidas diferentes combinações (avali... pode ser útil para o cumprimento deste tópico).

5 respostas

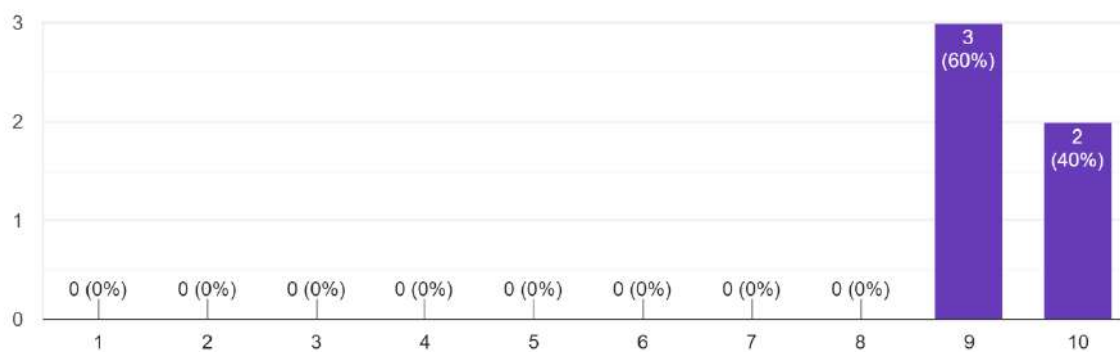


Fonte: O autor (2022)

Figura 83 - Questão 03 (SAC)

1.3 Potencial de uso da Estrutura Conceitual para outros usos específicos a fim de subsidiar a avaliação de projeto aeroportuário em diferentes ...C pode ser útil para o cumprimento deste tópico).

5 respostas



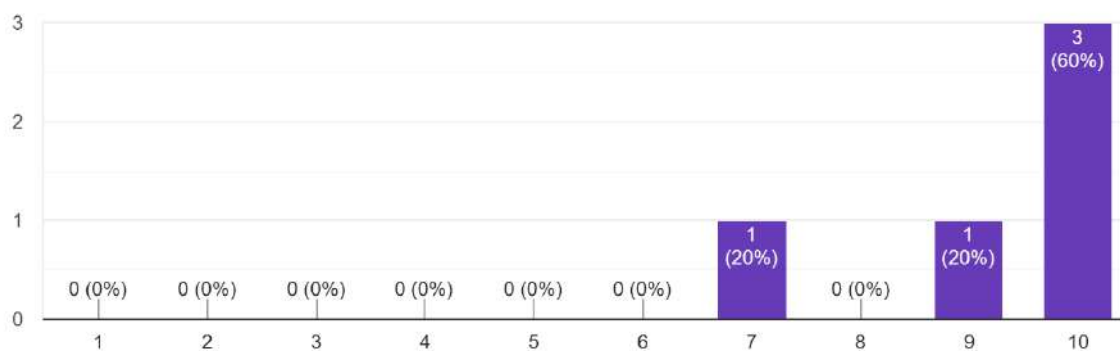
Fonte: O autor (2022)

2. Avaliação da Estrutura Conceitual (utilidade / compreensão):

Figura 84 - Questão 04 (SAC)

2.1 Facilidade de utilização da EC: avalie de 01 a 10 o quanto você compreendeu a EC (artefato desenvolvido pelo pesquisador).

5 respostas

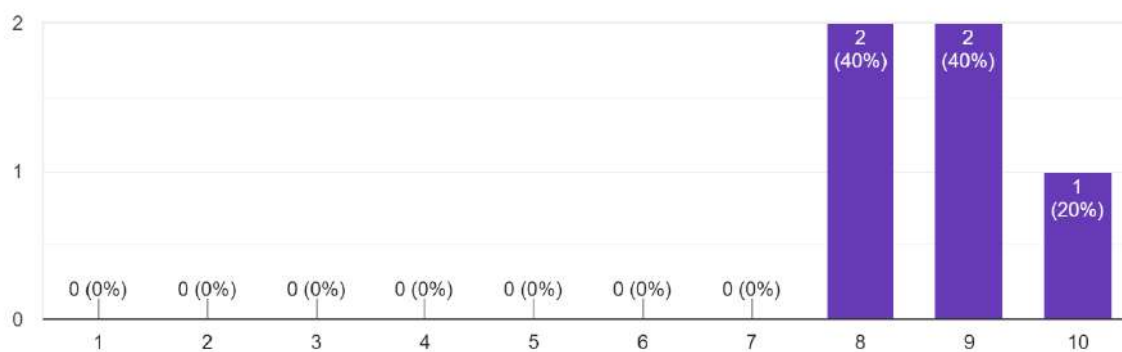


Fonte: O autor (2022)

Figura 85 - Questão 05 (SAC)

2.2 Interpretação lógica dos dados contidos nas subetapas (módulo 01, 02, 03 e 04): avalie de 01 a 10 o quanto você compreendeu.

5 respostas

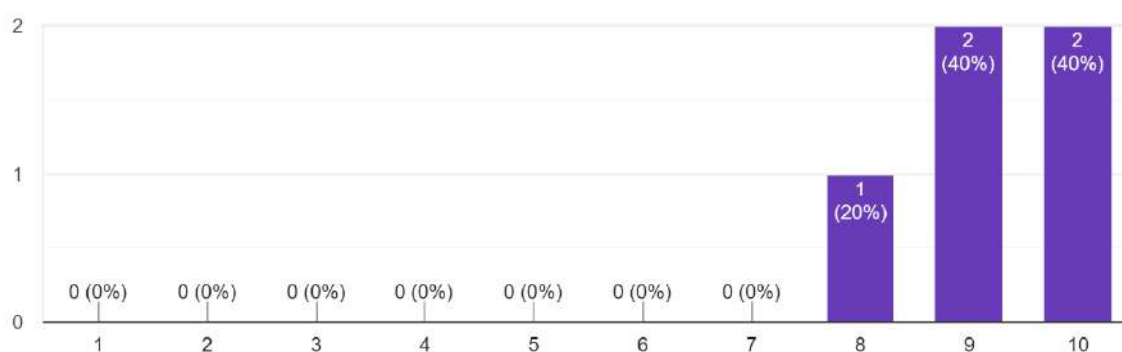


Fonte: O autor (2022)

Figura 86 - Questão 06 (SAC)

2.3 Transparência das informações contidas na EC: avalie de 01 a 10 o quanto você compreendeu e acredita ser pertinente as informações contidas na EC.

5 respostas



Fonte: O autor (2022)

3. Sugestões, comentários, críticas, observações (EC) - Equipe SAC:

- Entrevistado 01: Coordenadora

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

Incluir regras para verificação do item da orçamentação de obra, como quantidades, códigos sicro e sinapi, unidades de medição, etc...

- Entrevistado 02: Analista de Infraestrutura

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

A proposta é muito interessante. Tem grande potencial para estruturar as atividades de análise mais pesadas, permitindo aos analistas dedicarem-se a questões mais sensíveis, otimizando a gestão do processo. Importante apontar que para que efetivamente funcione, é necessário que as diretrizes, requisitos e formatos sejam acordados previamente entre todos os agentes envolvidos no processo de elaboração e avaliação dos projetos.

- Entrevistado 03: Chefe de Divisão

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

Contemplar infraestrutura do lado ar de aeroportos em trabalhos futuros.

- Entrevistado 04: Engenheiro

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

O trabalho em si para mim já está ótimo! Parabéns!

Resposta:

- Entrevistado 05: Analista de Infraestrutura

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

Vi os exemplos das checagens para largura do checkin por exemplo. Existe também parametros minimos de m² por passageiros na hora-pico utilizados pela ICAO e outras referencias para ANAC, seria interessante se a checagem verificasse se essas areas atendem aos parametros tanto para aeroportos regionais quanto para aeroportos concedidos.

Avaliação da EC - Equipe INFRAERO

Avaliação da EC - Equipe da INFRAERO

Quantidade de profissionais entrevistados: 07

Data (realização das entrevistas): 19/01/22

- Entrevistado 01: AS IV Eng. Civil Estruturas
- Entrevistado 02: Engenheira
- Entrevistado 03: Arquiteto e Urbanista
- Entrevistado 04: Gerente de projetos lado terra
- Entrevistado 05: PEM – Profissional de Engenharia e Manutenção / Assistente II
- Entrevistado 06: Engenheiro Civil
- Entrevistado 07: Engenheira Civil

Figura 87 - Função / cargo (entrevistados INFRAERO)



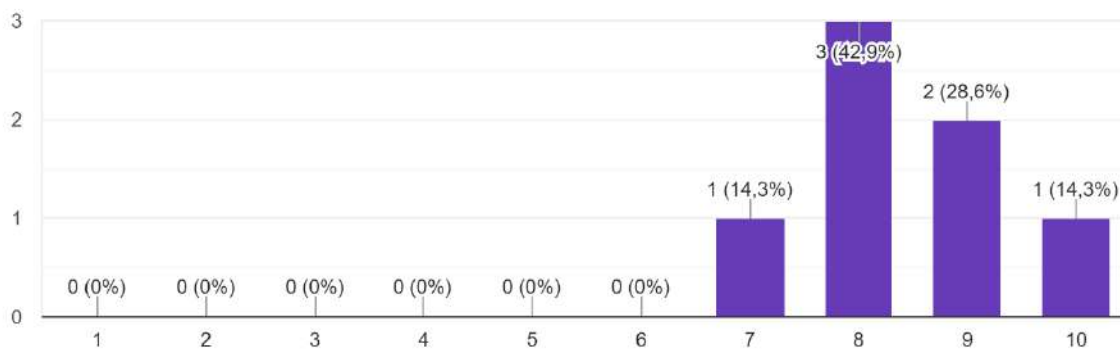
Fonte: O autor (2022)

1. Avaliação da Estrutura Conceitual (desempenho):

Figura 88 - Questão 01 (INFRAERO)

1.1 Identificação e organização das propriedades e parâmetros contidos na EC para vaibilização uso de Code Checking em projetos de Arquitetura ... pode ser útil para o cumprimento deste tópico).

7 respostas

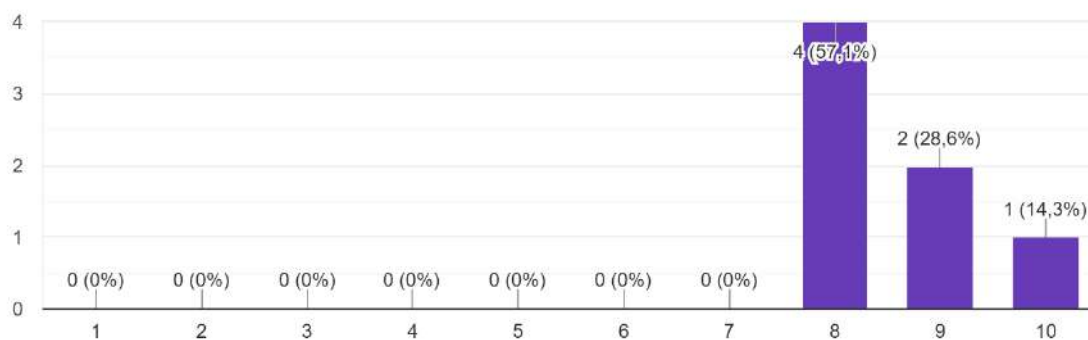


Fonte: O autor (2022)

Figura 89 - Questão 02 (INFRAERO)

1.2 Padronização no processo de criação de regras mediante a flexibilidade da EC possibilitando que seja concebidas diferentes combinações (avali... pode ser útil para o cumprimento deste tópico).

7 respostas

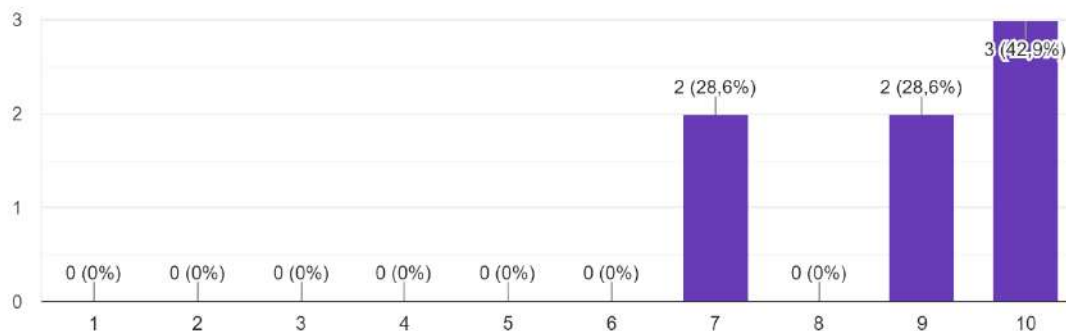


Fonte: O autor (2022)

Figura 90 - Questão 03 (INFRAERO)

1.3 Potencial de uso da Estrutura Conceitual para outros usos específicos a fim de subsidiar a avaliação de projeto aeroportuário em diferentes ...C pode ser útil para o cumprimento deste tópico).

7 respostas



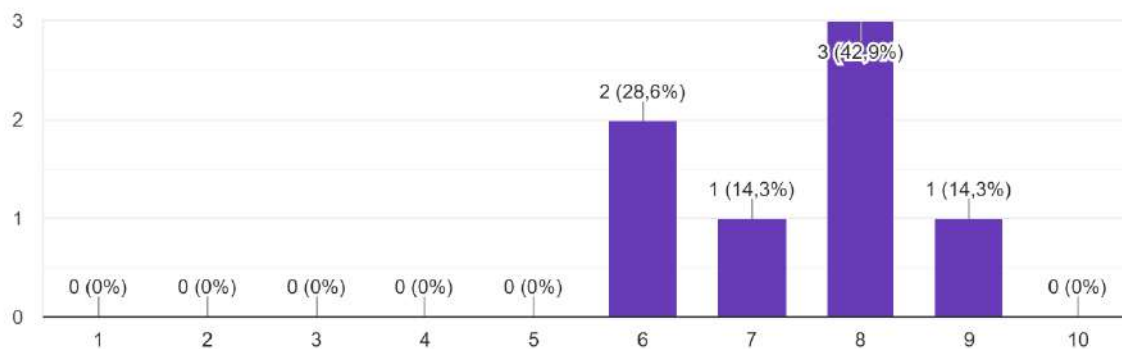
Fonte: O autor (2022)

2. Avaliação da Estrutura Conceitual (utilidade / compreensão):

Figura 91 - Questão 04 (INFRAERO)

2.1 Facilidade de utilização da EC: avalie de 01 a 10 o quanto você compreendeu a EC (artefato desenvolvido pelo pesquisador).

7 respostas

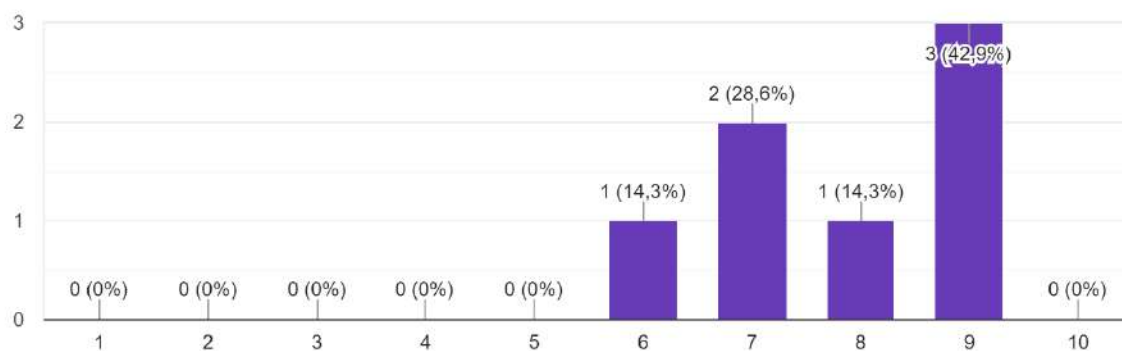


Fonte: O autor (2022)

Figura 92 - Questão 05 (INFRAERO)

2.2 Interpretação lógica dos dados contidos nas subetapas (módulo 01, 02, 03 e 04): avalie de 01 a 10 o quanto você compreendeu.

7 respostas

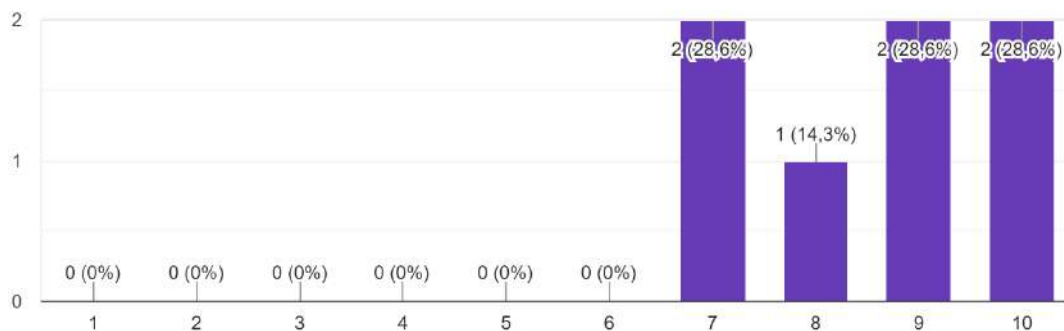


Fonte: O autor (2022)

Figura 93 - Questão 06 (INFRAERO)

2.3 Transparência das informações contidas na EC: avalie de 01 a 10 o quanto você compreendeu e acredita ser pertinente as informações contidas na EC.

7 respostas



Fonte: O autor (2022)

3. Sugestões, comentários, críticas, observações (EC) - Equipe INFRAERO:

- Entrevistado 01: AS IV Eng. Civil Estruturas

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

Avaliar a limitação de restrições das regras de análise específicas para grupos do Revit. Ex.: Cliente fornece arquitetura em IFC de software não Autodesk. O sistema não será compatível?

- Entrevistado 02: Engenheira

Resposta: este entrevistado respondeu as questões, porém, não registrou resposta.

- Entrevistado 03: Arquiteto e Urbanista

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

Muito interessante, embora esteja engatinhando em BIM e Revit

- Entrevistado 04: Gerente de projetos lado terra

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

A solução apresenta, é ferramenta muito útil nas avaliações de projetos, facilitando e agilizando a análise de grandes projetos ou de grandes quantidades de processos, pois tempo de resposta hoje não segue a agilidade do tempo e volume de entrega dos projetos, deixando ocioso profissionais, esperando avaliação dos órgãos.

- Entrevistado 05: PEM – Profissional de Engenharia e Manutenção / Assistente II

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

Seu trabalho/pesquisa está excelente. Com os questionamentos que Heuriê levantou, juntamente com suas respostas ajudou a compreender melhor o objetivo. Uma ferramenta realmente futurista, um complemento para a melhoria do que está sendo implantado. "Parabéns"

- Entrevistado 06: Engenheiro Civil

Resposta:

3. Sugestões, comentários, críticas, observações.

É interessante buscar Usos BIM definidos para contratação no Governo Federal

- Entrevistado 07: Engenheira Civil

Resposta: este entrevistado respondeu as questões, porém, não registrou resposta.

APÊNDICE D – PUBLICAÇÕES REALIZADAS AO LONGO DOS ÚLTIMOS ANOS

Nesse tópico, está apresentado as capas dos artigos científicos publicados pelo pesquisador e seu orientador ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Figura 94 - Publicação 01 (eCAADe SIGraDi 2019 - Universidade do Porto, Portugal)

Automatic Rule-Based Checking for the Approval of Building Architectural Designs of Airport Passenger Terminals based on BIM

Ítalo Guedes¹, Max Andrade²

^{1,2}Universidade Federal de Pernambuco

¹italo_guedes_@hotmail.com ²max.andrade@ufpe.br

In Brazil, the evaluation processes of building architectural designs of Airports Passenger Terminal (PT) are carried out manually. It depends on the architects' knowledge, leading to possible errors. On the other hand, the rule checking in BIM-modeled building projects opens up new horizons for this type of activity. Based on Code Checking concepts, this paper presents a method for automating rule checking for building code in building architectural design of PT. Following the aspects of Design Science Research, it is developed in two stages: Construction (theoretical foundation, creating rule checking for the PT, implementation of the rules in BIM softwares for code checking and validation) and Evaluation of artefact. This paper shows a series of problems resulting from the evaluation of PT using traditional methods. It can be concluded that the use of rules for regulatory code checking with BIM allows standardization in the evaluation of architectural design of PT.

Keywords: Code Checking, Passenger Terminal, Building Information Modeling, Rule checking

INTRODUCTION

Building Architectural Design of Airports Passenger Terminal (PT), by this nature, is complex, considering the series of prerequisites to be met. Those prerequisites cover not only architectural programming and form-finding, traditionally related to the architecture design, but also operational constraints, such as service levels, passenger flow (loading and unloading), operational activities (airlines, auxiliary companies, and public agencies), and operational processing for passengers.

In Brazil, the evaluation processes of building architectural designs of PT are carried out manually.

That depends exclusively on the architects' knowledge; they work as analysts, validating the processes based on empirical knowledge. Such method tends to be time-consuming in view of the complexity of the design projects. In addition, each analyst may request different design adjustments based on their knowledge, providing margins for possible errors such as lack of standardization

On the other hand, the rule checking in BIM-modeled building projects opens up new horizons for this type of activity. That is due to the fact that, once the building is modeled, it is possible to perform the automatic evaluation of the building project

Figura 95 - Publicação 02 (SIGraDi 2020 - Medellín, Colombia)



Standardization of Airport Architectural Design Projects BIM-based for Code Checking

Ítalo Guedes dos Santos

Universidade Federal de Pernambuco | Brasil | italo.guedes@ufpe.br

Max Lira Veras Xavier de Andrade

Universidade Federal de Pernambuco | Brasil | max.andrade@ufpe.br

Abstract

This paper addresses the use of BIM for code verification and automatic validation of the Architectural Design of Airports (ADA). In Brazil, the evaluation and approval of ADA are carried out by INFRAERO. Currently, designs are evaluated manually, resulting in errors and long evaluation time. To deal with this problem, a conceptual framework for automated ADA assessment with Code Checking is proposed. The method used was Design Science Research, with the proposal of an artifact. The partial results show the importance of establishing protocols for BIM modeling, based on IFC as an important tool for automated assessment with code checking.

Keywords: Airports; Architectural Design of Airport; Building Information Modeling; Code Checking; IFC.

INTRODUÇÃO

Uma das maneiras de demonstrar o quão complexo são os Projetos Arquitetônicos Aeroportuários (PAA) é pela grande quantidade de requisitos técnicos que esses precisam atender para serem aprovados pelos órgãos competentes. No Brasil, a avaliação e a aprovação dos PAAs são realizadas pela INFRAERO (empresa pública federal brasileira responsável pela administração de diversos aeroportos no país), SAC (Secretaria de Aviação Civil), dentre outros órgãos competentes. No cenário atual, a equipe de projetistas desenvolve o PAA e o submete a um processo de validação manual realizado pela equipe de analistas. Tais processos tendem a ser demorados (perdurando meses ou até anos). Além disso, os processos de avaliação são subjetivos nas análises, devido às diferentes perspectivas e expertises de conhecimento, específicos de cada analista no momento da análise. Em resposta a esse problema, este artigo analisa como o BIM pode aperfeiçoar esses processos, minimizando erros de avaliação do PAA, reduzindo o tempo de avaliação do projeto e evitando possíveis retrabalhos, tanto por parte dos analistas quanto por parte dos projetistas de PAA.

O uso do BIM vinculado a esse tipo de atividade é denominado de *Code Checking* (CC). De acordo com Estman *et al.* (2009), CC é definido como um processo de avaliação de relacionamentos ou atributos de projeto com base em suas configurações de objetos. O uso do Modelo BIM para o CC pode possibilitar um novo cenário para os analistas de PAA automatizarem o processo de avaliação, reduzindo o tempo de análise e aumentando a eficiência em relação ao processo de validação tradicional (Benning *et al.*, 2010).

Um exemplo de regras testadas e demonstradas por Guedes e Andrade (2019) é a regra que estabelece a largura mínima de circulação entre filas de check-in e

balcão de atendimento no PAA. Nesse caso, não só foi necessário criar uma regra em um software de avaliação BIM, mas também foi necessário que o Modelo BIM de autoria (modelo do projeto arquitetônico) que carrega essas informações tivesse sido criado em uma Plataforma BIM e exportado via IFC com as informações corretas, tais como, Nome do Espaço (*IfcSpace*), Largura do *Bouding Box Width* (*IfcSpace*), assim como os parâmetros específicos para que o software de análise pudesse validar a regra de maneira correta. O que é importante observar é que no processo de validação da qualidade de um projeto é fundamental considerar não só a qualidade da regra criada, mas também a qualidade do modelo criado, que deve pendurar as informações do modelo seguindo certas prescrições, necessárias para que essas sejam reconhecidas pelo software de avaliação BIM. Nesse sentido, este artigo discute e propõe um modelo conceitual (ainda em desenvolvimento) de uso de CC para o processo de avaliação de PAA a ser realizado pelos órgãos competentes. Discute também sobre a criação de regras de validação, diretrizes para modelagem e exportação de modelos de PAA para a avaliação. Por fim, analisa os tipos de regras mais usadas, e, mostra a importância em classificar e selecionar essas classes de regras de modo a tornar mais eficiente o processo de modelagem e aprovação de PAA.

METODOLOGIA

O método utilizado na pesquisa é o *Design Science Research* (March e Smith, 1995). Este, segundo March e Smith (1995), constitui-se em duas macro etapas: (1) Construção, etapa destinada ao desenvolvimento do artefato; e, (2) Avaliação do Artefato, etapa destinada a mensuração da eficiência do artefato, a partir da verificação do seu comportamento no contexto analisado. Este artigo abordará a etapa (1).



Figura 96 - Publicação 03 (9th ASCAAD - Universidade do Cairo, Egito)

MAN-MACHINE INTERACTION IN THE EVALUATION OF AIRPORT DESIGN PROCESS IN BRAZIL

ÍTALO GUEDES, MAX ANDRADE

Federal University of Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 -

Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brazil

Email address: italo.guedes@ufpe.br

Email address: max.andrade@ufpe.br

Abstract. This paper addresses the use of BIM for code verification and automatic validation of the Airports Design (AD). In Brazil, the evaluation and approval of AD are carried out by INFRAERO. Currently, designs are evaluated manually, resulting in errors and long evaluation time. To deal with this problem, a conceptual framework for automated AD assessment with Code Checking is proposed. The method used was Design Science Research, with the proposal of an artifact. The partial results show man-machine interaction as a way more efficient to evaluate the airport design process in Brazil. This man-machine interaction leads to a mixed model evaluation, with the use of Code Checking for the less complex stages of evaluation and leaving the man responsible for evaluating those more complex, subjective and difficult to implement rules.

Keywords: Airport; Building Information Modeling; Code Checking; Conceptual Framework; Man-machine.

ملخص. تتناول هذه الورقة البحثية استخدامات BIM (معلومات البناء المجسمة) في التأكد من المعايير والتحقق التلقائي من دقة تصميم المطارات. حاليا في البرازيل يتم إجراء التقييم والموافقة على تصميم المطارات من خلال INFRAERO (المؤسسة البرازيلية للبنية التحتية بالموانئ الجوية) يدويا، مما ينتج عنه استغراق زمن أطول للتقييم وحدوث أخطاء. تم اقتراح آلية تلقائية للتقييم وفحص معايير ومفاهيم تصميم المطارات. والنظرية المستخدمة تعتمد على أبحاث علوم التصميم، واقتراح استخدام الذكاء الاصطناعي. تظهر النتائج الجزئية أن الاندماج بين الإنسان والذكاء الاصطناعي أكثر كفاءة في تقييم عملية تصميم المطارات في البرازيل، هذا الاندماج بين الإنسان والذكاء الاصطناعي ينتج عنه نظام تقييم مزدوج، باستخدام نظام التحقق من المعايير للمراحل الأقل تعقيدا من عملية التقييم ويجعل الإنسان مسؤولا عن تقييم المعايير الأكثر تعقيدا والأصعب من ناحية تنفيذها في النظام الآلي.

الكلمات المفتاحية. المطارات، معلومات البناء المجسمة، فحص أكواد البناء، الاطار المفاهيمي، الإنسان والآلة.

Figura 97 - Publicação 04 (Formal Methods in Architecture - 5FMA - Iscte, Lisboa - Portugal)

BIM-based Airport Design Project Standardization (IFC) for use of Code Checking

Ítalo Guedes¹, Max Andrade¹ and Adriana Carvalho²

¹ Universidade Federal de Pernambuco, 1235 Cidade Universitária – Recife, Brazil

² Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 4200-465 Porto, Portugal
lncs@springer.com

Abstract

Building Information Modeling (BIM) in the AECO industry is a fact. Users have overcome the initial learning curve and perceive a new potential for using BIM, such as rule checking and automatic design validation, which it's possible through dissemination and use of Industry Foundation Classes (IFC). This paper assesses the main properties that must be inserted in BIM models of airport design projects so that they can be evaluated using Code Checking. In this sense, the properties of the information standards will be analyzed and which IFC entities should be linked to those standards. The method is based on Design Science Research. This consists of two macro stages: **Construction and Evaluation of the Artifact**. The stage of **Construction**, discussed in this paper, consists of the **theoretical foundation and construction of the artifact**, which is a method to evaluate airport design using code checking. For evaluation, it is necessary not only to create consistent rules that can be implemented in BIM evaluation software. It is also necessary to create BIM models that are consistent during the assessment. This research shows the importance of creating a standardization process in the modeling of information during the development of airport designs in software authored by BIM, considering the export to an integrated IFC model. In view of the inexistence of manuals dealing with this subject in Brazil, it is possible to observe the potential that this approach has and may, shortly, benefit all teams of airport designs and analysts.

Keywords: Building Information Modeling; Airport; Code Checking; IFC.

1 Introduction

Airport design projects, by nature, are complex because of the series of design requirements to be met in the design's documentation phase. In Brazil, the evaluation and approval of airport design project are carried out by INFRAERO (Brazilian Federal Public Company responsible for the administration of the country's airports). Currently, design projects are evaluated predominantly using CAD software. In this scenario, the designers develop the design projects, print the documents and submit these printed papers for a manual evaluation and validation process carried out by INFRAERO analysts.

Fonte: Guedes e Andrade (2021b)

APÊNDICE E – MEMORIAL DE CRITÉRIOS E CONDICIONANTES - ARQUITETURA / TPS (INFRAERO, 2008)

n2	Atualização dos exemplos gráfico Inserção de um item (2.1.10-Exemplos Gráficos.)	13/05/2008 André Pinto	André Pinto	
		07/02/2008		
SIV	MODIFICAÇÃO	DATA	PROJETISTA	DESENHISTA APROVO

 INFRAERO Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroespacial	SÍTIOS GERAL ÁREA DO SÍTIO GERAL ESTRUTURA / DATA / SUBSTITUIÇÃO ARQUITETURA / TPS TITULO DO PROJETO / ACADÊMICO / DOCUMENTO MEMORIAL DE CRITÉRIOS E CONDICIONANTES <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">COORDENADOR</td> <td style="width: 50%;">ALIBRICA</td> </tr> <tr> <td>JOÃO EDUARDO ARAÚJO</td> <td></td> </tr> </table> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">GERENTE DE PROJETO</td> <td style="width: 50%;">ALIBRICA</td> </tr> <tr> <td>FRANCISCO ERIVAN DE ALBUQUERQUE</td> <td></td> </tr> </table> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">SÉRIE DO PROJETO</td> <td style="width: 20%;">RES. DE ARQUIVO</td> <td style="width: 50%;">CODIFICAÇÃO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>GE.01/201.75/00947/02</td> </tr> </table>	COORDENADOR	ALIBRICA	JOÃO EDUARDO ARAÚJO		GERENTE DE PROJETO	ALIBRICA	FRANCISCO ERIVAN DE ALBUQUERQUE		SÉRIE DO PROJETO	RES. DE ARQUIVO	CODIFICAÇÃO			GE.01/201.75/00947/02
COORDENADOR	ALIBRICA														
JOÃO EDUARDO ARAÚJO															
GERENTE DE PROJETO	ALIBRICA														
FRANCISCO ERIVAN DE ALBUQUERQUE															
SÉRIE DO PROJETO	RES. DE ARQUIVO	CODIFICAÇÃO													
		GE.01/201.75/00947/02													

ARQUITETURA – TPS

SUMÁRIO

1.OBJETIVO..... 3

2.CONDIÇÕES ESPECÍFICAS..... 3

1. OBJETIVO

Este memorial visa definir os critérios e condicionantes mínimos necessários à elaboração de projetos de **Arquitetura** para as obras da INFRAERO, contem informações específicas sobre TPS e complementa o documento GE.01/201.75/00888/03.

2. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

2.1 Terminal de Passageiros (TPS)

2.1.1-Requisitos mínimos para Espaços, afastamentos, circulações e Equipamentos em Terminais de passageiros

- Corredores de serviço para equipes de limpeza, carga e descarga de serviço - Lojas de Alimentação, outras lojas, Cafés, Exposições, etc. e deverão ter largura mínima de 1,80 m e portas de entrada Duplas.
- Corredores/Circulação da parte fixa das Pontes de Embarque com largura mínima de 2,40 m, pé-direito mínimo interno de 2,20 m, corrimãos dos dois lados, ao longo de todo o comprimento, piso com revestimento antiderrapante e ar-condicionado.
- O módulo estrutural mínimo da edificação deverá ser de 12.50m, de modo a permitir o afastamento necessário das esteiras de restituição de bagagem na Sala de Desembarque.

2.1.2-Circulação vertical

- Os elevadores do saguão deverão ser dimensionados para os usuários com carrinhos de bagagem, com acesso amplo e confortável. Deverão ser em número de dois (preferencialmente panorâmicos – envidraçados com vidros transparentes incolores, inclusive as portas)
- Devem ter espaço para comportar, no mínimo, 04(quatro) carrinhos de bagagem, além de seus usuários.
- A largura mínima para as escadas convencionais, deverá ser de 2,00 m para circulação de público e 1,50 m para circulação de serviço.
- As escadas e esteiras rolantes serão do modelo mais largo (degraus com 1,20m) com as laterais (Guarda corpo) em vidro transparente incolor.
- A distância mínima permitida entre a chegada e saída de escadas rolantes elevadores e escadas convencionais e o primeiro obstáculo, deverá ser de 7,00 m livres (vide figuras 24 e 25); esta dimensão deverá ser diretamente proporcional ao fluxo.

- Deverá prever bateria de duas escadas rolantes de acesso quando houver mais de um pavimento para todos os níveis onde haja atividades de interesse do público externo.

2.1.3-Sanitários

- Os sanitários públicos, em geral, não terão portas no acesso, mas anteparos visuais para impedir a visão do interior. Sobre tudo nos sanitários da Sala de Desembarque e dos saguões de Embarque e de Desembarque, os acessos deverão ser dimensionados para permitir a circulação de carrinhos de bagagem, e deverão ter, no mínimo, 1,50m de largura.
- No acesso a cada sanitário, deverá ser previsto um armário para guarda de material de limpeza e de reposição.
- Nos boxes de todos os sanitários públicos e sobre os mictórios, deverá haver uma bancada de apoio, tipo prateleira, em granito ou outro material resistente, com aproximadamente 20 cm de profundidade, para acomodar volumes de mão.
- Próximo a uma das baterias de sanitários, deverá haver além de um depósito, um local para lavagem de panos de limpeza e lançamento de águas sujas.
- Os boxes dos sanitários públicos da sala de Desembarque, de Embarque e do Saguão, deverão ter espaço suficiente para uma mala de bordo de dimensões l=45cm x p=20cm x h=60cm.
- Todos os sanitários públicos deverão ser dimensionados de tal forma que, o sanitário feminino tenha o número de boxes de vasos sanitários equivalente ao de boxes de vasos sanitários somados aos mictórios do sanitário masculino.
- Nas áreas comerciais e nos sanitários, o pé direito mínimo será de 2,60m.
- Deverá haver sanitários para deficientes em todos os espaços públicos do Terminal de Passageiros. Esses sanitários devem ficar fora das baterias de sanitários públicos, havendo sempre um feminino e um masculino. As portas abrirão para fora, obrigatoriamente.

2.1.4-Fluxos Operacionais

Deverá ser previsto o encaminhamento INDEPENDENTE e SEGREGADO, tanto no Embarque quanto no Desembarque, para os seguintes fluxos de passageiros (sempre que houver necessidade de troca de nível deverá ser prevista a instalação de escadas rolantes, escadas convencionais e elevadores)

- EMBARQUE
 - Passageiros Domésticos, embarcando em Pontes de Embarque.
 - Passageiros Domésticos, embarcando em Posições Remotas.
 - Passageiros Internacionais, embarcando em Pontes de Embarque.
 - Passageiros Internacionais, embarcando em Posições Remotas.
- DESEMBARQUE
 - Passageiros Domésticos, desembarcando por Pontes.

- Passageiros Domésticos, desembarcando por Posições Remotas.
- Passageiros Internacionais, desembarcando por Pontes.
- Passageiros Internacionais, desembarcando por Posições Remotas.
- CONEXÃO (Passageiros em Trânsito)
 - Doméstico X Doméstico (Passageiros em Conexão entre vôos domésticos).
 - Internacional x Internacional (Passageiros em Conexão entre vôos internacionais).

Os passageiros em trânsito devem passar pela Vistoria de Segurança antes de entrarem nas respectivas Salas de Embarque.

É recomendável que haja espaço para a colocação de balcões para as Companhias Aéreas (para apoio aos passageiros em trânsito). Esses balcões devem ser posicionados no encaminhamento dos fluxos de desembarque; antes que os passageiros se separem entre desembarque e trânsito.

2.1.5-Inspecção de Segurança (vide figuras 12, 13, 14, 15, 16,17a, 17b e 18)

- A Inspecção de Segurança para o embarque de passageiros (por intermédio de Equipamento de Raio-X para Bagagem de Mão e mais Pórtico Detector de Metais) deverá ser localizada em posição única, isto é, deverá servir a todos os passageiros, tanto para os Domésticos quanto para os Internacionais e também para os Passageiros em Trânsito.
- Prever em área adjacente duas cabines para Vistoria Corporal (cada uma com tamanho suficiente para caberem 03 (três) pessoas; uma sendo vistoriada, outra fazendo a vistoria e a terceira de testemunha).
- Os passageiros internacionais embarcando deverão depois prosseguir para a Vistoria de Passaportes, feita pela Polícia Federal, antes de entrarem na Sala de Embarque Internacional.
- Todos os passageiros, funcionários e tripulantes (inclusive comandantes e passageiros usuários das Salas VIP's localizadas na área restrita), devem passar por essa Vistoria de Segurança.
- Deverá haver para o fluxo restrito de funcionários e acesso à Área Restrita e ao Pátio (andar térreo) um só ponto de passagem e este deve ser dotado de Equipamento de Raio-x e Pórtico Detector de Metais.
- As bagagens fora de padrão (Odd-Sized Baggage) poderão/deverão usar esta passagem de funcionários para atingir a retaguarda de bagagem, sempre passando pela Vistoria de Segurança. É bom prever espaço suficiente para bagagens grandes como violoncelos, pranchas de wind-surf, esquis, equipamento profissional de som (grandes caixas com instrumentos, caixas de som), etc.
- A circulação de saída para o pátio de aeronaves deverá ter, no mínimo, 2,00 m de largura. Deverá ser prevista também, a circulação para deficientes físicos e portadores de marca-passo, sem passar pelos equipamentos de vistoria convencionais.

- Deverá haver também, inspeção de segurança para todos os funcionários que tenham acesso do Saguão para o Pátio / Área Restrita, através de Pórtico Detetor de Metais e equipamento de Raios – X para vistoria de volumes de mão, que servirá também para vistoriar as bagagens fora de padrão (“Odd Sized Luggage”).
- A área do controle de acesso ao pátio deverá ser dimensionada em função dos equipamentos de Raios – X e do Pórtico Detetor de Metais, e do acesso para macas e bagagens fora de padrão, sem obstáculos, de maneira que se tenha uma circulação rápida e desimpedida. A circulação de saída para o pátio de aeronaves deverá ter, no mínimo, 2.00m de largura. Deverá ser prevista também, a circulação para deficientes físicos e portadores de marca-passo, sem passar pelos equipamentos de vistoria convencionais.

2.1.6-Flexibilidade dos espaços Operacionais (vide figuras 20 e 21)

- Deverá haver flexibilidade dos espaços reservados ao processamento dos passageiros internacionais (Sala de Embarque e Sala de Desembarque). Esses espaços devem poder ser usados normalmente (em parte ou em sua totalidade) pelo fluxo doméstico quando não houver movimento internacional ou este for pequeno (e não necessitar de muito espaço).
- Também os ambientes domésticos devem poder ser separados e utilizados em parte ou no todo para o movimento internacional, quando este último for maior ou mesmo quando não houver movimento doméstico por um determinado período de tempo.
- Esta flexibilidade é desejável tanto na Sala de Embarque quanto na Sala de Desembarque. Elas devem ser dotadas de grandes portas de comunicação que possam ser abertas ou fechadas de acordo com a conveniência do momento e a necessidade de espaço.
- As Salas de Embarque Remoto (tanto Doméstica quanto Internacional) devem ter o acesso ao embarque diretamente a partir das respectivas Salas de Embarque (evitando-se assim que os passageiros circulem pelo conector quando do embarque remoto), contribuindo também para aumentar a flexibilidade de espaços, a segurança e o controle e a diminuir a necessidade de pessoal para acompanhar os passageiros.
- Deverá ser prevista uma galeria técnica com ventilação e iluminação adequadas. O pé direito mínimo deverá ser de 2.20m, com largura suficiente que permita a circulação de pessoal técnico e manutenção com conforto e segurança, bem como o manuseio de equipamentos e peças de reposição.
- Os shafts para passagem e manutenção de instalações, deverão ser dimensionados convenientemente, ter fácil acesso à galeria técnica e serem distribuídos ao longo do Terminal em posições estratégicas, que garantam flexibilidade e não interfiram em remanejamentos futuros.

2.1.7-Lado Ar (Pátio de Aeronaves)

As áreas de retaguarda de bagagens tanto embarcada quanto desembarcada deverão

ser dimensionadas de tal forma que permitam a movimentação e circulação das carretas de bagagem, conforme padrão da IATA.

Na retaguarda de bagagem, a proteção para as esteiras de recolhimento de bagagem, deverá ser através de marquise com, no mínimo, 5/3 do pé direito adotado, a partir da face da esteira. O pé direito deverá ser ter no mínimo 3,00m e no máximo 5,00m de altura.

Deverá haver no corpo do Terminal de Passageiros, na elevação voltada para o pátio, uma sala para os fiscais de pátio com saída através do controle de acesso.

Na interface com o lado ar, deverão ser previstos sanitários/vestiários para pessoal de pátio, masculinos e femininos, dimensionados conforme o número de funcionários. Nestes sanitários, além das peças básicas, deverão haver bancadas, cabines, escaninhos e armários para material de reposição e de limpeza.

A largura mínima dos passeios, no lado ar, deverá ser de 1,50m. No meio-fio de Embarque e Desembarque Remotos, as calçadas deverão ter largura mínima de 2,00m, a partir da face do primeiro obstáculo.

Os pilares que estiverem na área de movimentação de bagagem e / ou próximos da via de serviço, deverão ter equipamento de proteção contra choques das carretas de bagagem.

A circulação de acesso às pontes de Embarque no pavimento superior, conector, voltado para o pátio de aeronaves, deverá ter, no mínimo, 4,50m de largura, livres, e servirá como corredor para embarque e desembarque. Para se evitar mistura de fluxos de passageiros tanto embarcados quanto desembarcados, deverão ser instaladas, estrategicamente, portas na circulação, nos acessos à circulação vertical (escadas e elevadores) e nas Salas de Embarque.

A Via de Serviço (Lado Ar) deve ter uma largura de 10,00m e um vão livre embaixo das Pontes de Embarque de pelo menos 4,20m, no ponto mais baixo.

2.1.8-Orientações Gerais

- Deverá ser prevista uma proteção contra choques de carrinhos, nas paredes de locais onde haverá movimentação dos mesmos, como circulação, *check-in*, sanitários, *halls* de elevadores e escadas, pilares etc.
- A área destinada à Administração do aeroporto deverá prever auditório, sala de reuniões, baterias de sanitários e copa, além do organograma básico das funções existentes. A circulação vertical deverá ser através de escada convencional e elevador. As circulações horizontais deverão ter no mínimo 1,20m.
- O auditório poderá estar localizado próximo à área da administração do Aeroporto ou em local de acesso público, sem interferir na circulação operacional. Se estiver no pavimento superior, deverá dispor, além de escada convencional, de elevadores ou outro sistema de acesso aos deficientes físicos. O auditório, dimensionado com uma capacidade inicial de 200 lugares será utilizado por eventos diversos, e contará com instalações básicas e equipamentos necessários a múltiplo uso. Como servirá a vários tipos de eventos, não deverá ter o piso inclinado. O dimensionamento deverá considerar a projeção de aumento do número de ocupantes, considerando também a relação mínima de 12,00 m² por pessoa.
- Deverá ser prevista também uma área independente para as empresas contratadas e prestadoras de serviços de manutenção. Serão 06 salas de aproximadamente 25m² cada, próximas à manutenção da INFRAERO. Poderão estar localizados na CUT – ver item A.13.

- Deverão ser previstos 02 refeitórios com a facilidade de bancadas e instalações, para aquecimento de refeições, dimensionados de acordo com o número do efetivo das equipes de manutenção, operação, segurança e administração, sendo um destinado ao pessoal da INFRAERO, e outro para as empresas contratadas. Cada um terá em torno de 110,00m² cada, e serão voltados para o Lado Terra. Poderão estar localizados na CUT – ver item A.13.
- Deverão ser previstos 04 conjuntos de sanitários/vestiários (masculino e feminino) para atender às equipes de manutenção e administração da INFRAERO e outro para as empresas contratadas de manutenção. Serão: 02 sanitários/vestiários femininos e 02 sanitários/vestiários masculinos, além de 02 módulos separados para portadores de necessidades especiais. As unidades masculinas deverão ter cerca de 05 boxes de banho, 03 vasos sanitários, 02 mictórios e 06 lavatórios. As unidades femininas terão, 05 boxes de banho, 05 vasos sanitários e seis lavatórios.
- Deverá ser aplicado o Planejamento de Rotas de Fuga do Corpo de Bombeiros local ao projeto proposto.

2.1.9-Programa de Necessidades

A. Áreas Operacionais da INFRAERO

A.1 - Gerência de Operações / COA: Centro de Operações Aeroportuárias / COE: Centro de Operações de Emergência / Depósito de Segurança / STVV - Sistema de TV de Vigilância

- A localização do COA / COE deve ser basicamente vinculada com o Terminal de Passageiros e/ou com a Superintendência do Aeroporto;
- Deverá ter acesso fácil e rápido ao pátio e ao saguão, sendo que neste último, o acesso deve acontecer discretamente;
- Abaixo apresentamos uma listagem da necessidade de espaços, baseada nas funções a serem atendidas:
 - Visão do Pátio de Estacionamento (visualização da ocupação das posições de estacionamento de aeronaves, com fácil identificação do tipo de aeronave e da companhia aérea).
 - Console com Monitores do STVV (Sistema de TV de Vigilância) (+ duas cadeiras, telefone e Micro-Computador)
 - Console com Monitores do Sistema de Segurança (+ duas cadeiras, telefone e Micro-Computador).
 - Bancada para manuais e equipamentos (binóculos, Rádio UHF com carregador simples e múltiplo, equipamento de comunicação diferente do STVV + acessórios, etc.).
 - SIV (Sistema Informativo de Vão) (mesa grande com 02 (dois) Micro-computadores, impressora e telefone).
 - SOM (cabine com mesa de som) / Sistema Automático de Chamadas (+ mesa com Micro-computador e telefone).
 - Controle de Acesso (Segurança).
 - Sala com Mesa de Reunião.
 - Sala de Negociação.

- Espaço para os "Racks" dos computadores e Sistemas (Sala de Equipamentos - com espaço suficiente para a visitação e manutenção - prever espaço extra para acréscimo de novos "racks").
- 04 (quatro) Postos de Trabalho [Tarifação & Cobrança mais 01 (um) de Operações e 02 (dois) de Segurança] com Micro-Computadores e telefones.
- 01 (um) Posto de Trabalho para o chefe do COA/COE com Micro-Computador e telefone.
- As instalações do COA/COE (Centro de Operações Aeroportuárias e Centro de Operações de Emergência) deverão ser executadas conforme as normas do Departamento de Segurança Aeroportuária (DOSA). Deverão ter sistemas de controle de acesso, sanitários, masculino e feminino, sala técnica e a infraestrutura necessária.
- As áreas específicas de sistemas e instalações do tipo Telefonia, Telemática, COA / COE e salas técnicas, deverão ter piso falso, elevado ou rebaixado, visando a maior flexibilidade das instalações, salvo se houver determinação em contrário.

A.2 - Serviço Médico de Emergência

- Deverá haver uma Sala de Emergência Médica ou Primeiros Socorros no Terminal de Passageiros com aproximadamente 30.00m², e as seguintes características:
 - consultório médico 2.50m x 3.50m
 - sala para exame 2.50m x 3.50m
 - descanso 2.50m x 2.00m
 - enfermagem/ambulatório 2.50m x 3.00m
 - sanitário c/ vaso/lavatório/chuveiro
 - na área de atendimento deverá ter uma bancada com pia.
- A sala do Serviço Médico de Emergência deverá estar no pavimento térreo, próxima do controle de acesso ao pátio, tendo saída indireta para o saguão público. Deve ser prevista a circulação de macas. No lado ar deverá haver estacionamento privativo para 02 (duas) ambulâncias;

A.3 - Sala do Supervisor

- Próximo ao acesso de controle ao pátio deverá haver uma sala, com 20.00m², para o Supervisor da INFRAERO, em local de fácil visualização da área pública e de fácil acesso do público usuário do Terminal
- Próximo à sala do Supervisor e do controle de acesso ao pátio, deverá haver uma bateria de sanitários masculino e feminino, para os funcionários do "check-in" e uma pequena copa para atendimento rápido.
- Deverá haver Ante-sala e sala de trabalho com 02(dois) postos de trabalho.

A.4 - Sala de Imprensa / Autoridades / Múltiplo uso

- Esta sala, sob controle da administração aeroportuária, é utilizada para desviar alguma personalidade ou artista do fluxo normal de passageiros, dar lugar a

entrevistas, breves reuniões, etc.

- Próximo à Sala de Desembarque, deverá haver uma área disponível para utilização da Imprensa ou eventuais reuniões / recepções, com infra-estrutura e instalações básicas de apoio, com área mínima de 70.00m².
- Deverá ter acesso controlado tanto para a Sala de Desembarque quanto para o Saguão de Desembarque (o acesso para o Saguão deve ser discreto e com porta dupla)

A.5 - Sala dos Fiscais de Pátio

- Sala voltada para o Pátio de Aeronaves e com ampla visão para este (vidro) com área mínima de 10.00m², com acesso controlado.
- Na interface com o lado ar deverão estar localizados sanitários / vestiários para pessoal de pátio, masculinos e femininos, dimensionados conforme o número de funcionários. Nestes sanitários, além das peças básicas, deverá haver bancadas, cabides, escaninhos e armários para material de reposição e de limpeza.

A.6 - Estacionamento de Viaturas Operacionais de Apoio no Lado Ar aos Tripulantes e passageiros - Pátio

- São vagas em área de pátio, adjacentes ao TPS, em área reservada e coberta, localizadas junto à saída/entrada de pessoal para o pátio; acesso esse, dotado de vistoria de segurança. As vagas deverão ter dimensão de 3,50m x 7,00m, para atender viaturas de diferentes portes.
- As vagas serão utilizadas pela INFRAERO, Órgãos Públicos, Empresas Aéreas, Empresas de Handling e Manutenção, para veículos do tipo furgão, microônibus (transporte de passageiros), pick-ups, carros de passeio, trailer para equipamento de apoio (ex. guarda-chuvas), trator(es) de Push-Back, garfo(s) para o Push-Backs, etc.
- Próximo à esta saída, deverá haver, no lado ar, vagas de estacionamento para veículos operacionais e ambulâncias em número compatível com a dimensão do Terminal.

A.7 - Berçário / Fraldário

- Localizado preferencialmente na Área de Embarque em área pública, adjacentes aos Sanitários Públicos, mas fora deles, de maneira a permitir o acesso a ambos os sexos. Deve possuir bancada com cuba grande de aço inoxidável, de forma que permita eventual banho em um bebê de colo.

A.8 - Espaço Ecumênico

- Deverá ser previsto um espaço para culto ecumênico, com área de pelo menos 20.00m². Localizado em área pública, sem interferir na circulação operacional.

A.9 - Balcão de Informações (i)

- O balcão de Informações da INFRAERO deve ficar no Saguão Público, centralizado, em posição visível, e de preferência junto à entrada para a área restrita de funcionários.
- Deverá dispor de todas as instalações necessárias e inerentes ao serviço de informações a passageiros e transeuntes, tais como: micro-computadores, rádio comunicação, telefones, terminal de SIV, etc.

A.10 - Área Técnica de Telecomunicações

- Salas de Telemática para uso Comercial (Salas Técnicas para Operadoras de Telefonia). Têm a função de abrigar equipamentos de telecomunicações das Operadoras de Telecomunicações Fixas e Celulares (para incrementar os seus Pontos de Presença no Terminal de Passageiros).

A.11 - Depósito Comercial

- Localizada em área pública, próxima às áreas comerciais. Espaço destinado para a guarda de elementos promocionais, tais como: banners, folders, brindes, filipetas, etc.

A.12 - Terraço Panorâmico

- O Terraço Panorâmico, por motivo de segurança, deverá ser todo envidraçado, e sem possibilidade de acesso ou contato do público com o lado ar (uma esquadria envidraçada com 2,60 m de altura é considerada suficiente) para evitar que o passageiro pule, possa receber ou jogar algum objeto.
- Deverá ter facilidade de saída de emergência.

A.13 - Central de utilidades (CUT)

- A Central de Utilidades (CUT) é uma edificação auxiliar ao Terminal de Passageiros (TPS) que deverá ser projetada com área suficiente para abrigar os principais e maiores equipamentos dos Sistemas Elétrico e de Ar Condicionado do empreendimento.
- Nesta edificação são geralmente instalados:
 - Subestação Principal com os sistemas de transformação, distribuição e medição de alta e média tensão;
 - Central de água gelada do sistema de ar condicionado, inclusive os tanques de acumulação de água;
 - Grupos Geradores de energia de emergência, inclusive os tanques de combustíveis;
 - Bancos de capacitores;
 - Quadros de alta e média tensão;
 - Quadros dos grupos geradores;
- Para minimizar as perdas de energia, a CUT deve ser projetada próxima e

interligada ao TPS através de uma galeria técnica apropriada para instalação e manutenção dos cabos e dutos dos sistemas elétricos e de ar-condicionado.

- Dentro do mesmo conceito, no que diz respeito às Instalações Hidrosanitárias a CUT geralmente contém:
 - Reservatório d'água com reserva técnica para a rede de combate a incêndio, que dependendo das condições de projeto, pode derivar da reserva de água do ar condicionado ou de água de reuso;
 - Tanque de Diesel para abastecimento das bombas de Combate a Incêndio;
 - Central de bombas para Combate a Incêndio atendendo às redes de Chuveiros Automáticos e de Hidrantes;
 - Central de Bombas e Reservatório para Abastecimento de Água Fria;
 - Central de Gás (desde que distante da rede elétrica e somente se a CUT for acessível por veículos comuns de abastecimento);
- Considerando as questões ambientais, uma CUT poderá conter também reservatório para acúmulo de água de reuso de esgoto e reservatório para água de chuva, cabendo sempre a análise técnico-econômico-ambiental na decisão de reuso.
- A CUT pode ter também espaços para depósitos de materiais e peças sobressalentes da INFRAERO e de empresas contratadas de manutenção, assim como os respectivos sanitários e vestiários de funcionários.
- Por fim, é necessário prever acesso e parada para veículos de Carga e Descarga.

A.14 - Área Administrativa

- A área destinada à Administração do aeroporto deverá prever auditório, sala de reuniões, baterias de sanitários e copa, além do organograma básico das funções existentes. A circulação vertical deverá ser através de escada convencional e elevador.
- O dimensionamento deverá considerar a projeção de aumento do número de funcionários, considerando também a relação mínima de 12,0 m² por funcionário. A largura mínima da circulação nos escritórios deve ser de 1,20 m.
- Deverá haver um Auditório dimensionado para utilização da Administração do Aeroporto e demais eventos, com instalações básicas e equipamentos necessários a múltiplo uso. Como servirá a vários tipos de eventos, não deverá ter o piso inclinado.

Poderá estar localizado próximo à área da administração do Aeroporto ou em local de acesso público, sem interferir na circulação operacional. Se estiver no pavimento superior, deverá dispor, além de escada convencional, de elevadores ou outro sistema de acesso aos deficientes físicos.

A.15 - Oficinas de Manutenção

- Deverá ser prevista uma área mínima, de aproximadamente 20.00m², para

oficinas de manutenção e serviços gerais no corpo do Terminal, voltada para o lado ar, se houver Bloco de Utilidades e Serviços localizado longe do Terminal. Deverá ser prevista infra-estrutura adequada à atividade, bancadas, ar comprimido, malha de terra, pontos de água para testes, prateleiras e tomadas de energia elétrica em tensões e potências adequadas à do Aeroporto.

- Deverá ser prevista também, uma área independente para as empresas contratadas prestadoras de serviços de manutenção, próxima à manutenção da INFRAERO.

A.16 - Espaço Cultural

- No pavimento do Embarque ou do Terraço Público, deverá haver uma área denominada Espaço Cultural, para abrigar exposições de arte, fotografias, artesanato ou comemorativa de datas e eventos especiais, lançamento de livros, etc.

B. Áreas Operacionais das Empresas Aéreas

B.1 - Check-in (vide figuras 5 a 9)

- Área de recebimento e despacho de passageiros e bagagens. Localizado no Saguão de Embarque, de fácil visualização e acesso a partir da entrada principal do Terminal de Passageiros. Os passageiros são atendidos por ordem de chegada, nos balcões de Check-in.
- No Saguão de Embarque deverá haver um espaço reservado para atendimento e para as filas de passageiros em frente aos balcões de Check-in. Este espaço deve ter para atendimento uma largura/profundidade mínima de 3,00 m para circulação em frente aos balcões e mais 12,00 m de largura para formação de filas, independente do fluxo de circulação e deverá estar definida no desenho. Esse espaço não é computado para efeito de Capacidade do Saguão.

a) Dimensões

- Deverá ser prevista uma área para vistoria de malas antes do "check-in", após o RX, com mínimo de 10.00m². Próximo ao equipamento de RX, antes do "check-in", deverá haver um balcão para entrevista e etiquetagem de bagagem, quando for o caso. (Deverá haver esta previsão caso no futuro se opte por este tipo de segurança).
- Deverá ser prevista uma sala para guarda temporária de bagagem de vôos de conexão ou de "check-in" antecipado, na retaguarda de bagagem embarcada, com área de 20.00m².

b) Equipamentos

- No limite dessa área de filas deverá ser prevista a instalação de equipamentos de Raios – X, na proporção de um equipamento para cada conjunto de 8 a 10 balcões de "check-in", observando um mínimo de 2 aparelhos. (Deverá haver esta previsão caso no futuro se opte por este tipo de segurança).

- Na retaguarda de bagagem embarcada, deverá haver uma sala para vistoria de malas suspeitas, após o RX do “check-in”, com área mínima de 10.00m².
- A área de balcões de “check-in”, poderá ter o forro rebaixado, com pé direito mínimo de 2,60m.
- No “check-in” deverá ser prevista uma balança dimensionada para bagagem fora de padrão, e passagem com porta de, no mínimo, 1.50m de abertura.
- As salas das Companhias Aéreas, de apoio ao “check-in”, deverão ter área mínima de 5.00m x 5.00m, com módulo de 2.50m. O acesso a essas salas será através de uma circulação com escadas, se for o caso, atrás dos balcões e esteiras do “check-in”, de forma a não obrigar os funcionários a pular as esteiras.

B.2 - Área de apoio ao Check-in: Back Office

- Deverão ser previstas áreas para as Empresas Aéreas que atuarão no Terminal com as instalações básicas necessárias, incluindo sanitários. Essas áreas localizam-se na retaguarda (adjacências) do check-in. Destina-se ao suporte operacional do atendimento ao check-in.
- A área deverá ser modulada e flexível de forma a permitir a concessão de um módulo mínimo (aproximadamente 25,00m²) ou a junção de vários módulos, dependendo das exigências do mercado.
- Deve-se estudar a possibilidade de acesso ao Back Office sem a necessidade de passar por cima das esteiras de bagagem, visando atender possíveis funcionários com necessidades especiais.
- Estas áreas não devem ter acesso direto às áreas restritas, e abrigam os seguintes espaços:
 - Escritórios administrativos, gerência, despacho de passageiros, apoio ao embarque (pessoal de Gate), administração (contabilidade, pessoal, etc.), almoxarifado (material de expediente), escritórios operacionais, e ainda:
 - Despacho de tripulantes: São as salas de apoio à tripulação das Companhias Aéreas, com Base Operacional no aeroporto e devem estar localizadas na área de Embarque, nas adjacências da área de Administração da respectiva Companhia Aérea. Prever sanitários e vestiários com banho para tripulação.
 - Escritórios de Comunicação: São os escritórios que recebem, processam e prestam informações operacionais dos vôos, da rota e do destino, aos funcionários e tripulantes e devem estar localizados na área de Embarque, nas adjacências da área de Check-in.

B.3 - Balcões de vendas, reserva e informações – BVRI

- São os balcões para Vendas de Passagens, Reservas de Bilhetes, Endosso de Passagens, Pagamento de adicionais e Taxas Aeroportuárias, Pagamento de Excesso de Peso e Informações Gerais e devem estar localizados no Saguão de Embarque. Deverão ter infra-estrutura básica para operação, fácil contato visual com o check-in. Cada companhia terá um módulo padrão de 5.00m x 5.00m.

- Prever área para atendimento, filas e circulação (ao longo do balcão)
- Área de Apoio à Área de venda, reserva e informações (retarguarda dos BVRI): É a área adjacente aos BVRI (Balcões de Vendas, Reservas e Informações), geralmente localizada na retarguarda deles, também utilizada para dar apoio aos passageiros (antes do embarque) que necessitam de cuidados especiais. Esta área deverá estar localizada na retarguarda dos BVRI. Prever uma sala para cada Companhia aérea, para atendimento e espera sentada (SAE -sala de atendimento especial).
- Deverá ser prevista uma área mínima de 20.00m² para cada gerência das Companhias Aéreas, que atuarão no Terminal, com as instalações básicas necessárias. Essa área deverá estar junto aos BVRI.

B.4-Gates / Portões de Embarque (vide figura 19)

- Gate é a passagem que interliga a Sala de Embarque com a área ou corredor de acesso às aeronaves.
- Devem ser bem demarcados e com fácil visualização de qualquer parte da Sala de Embarque. A disposição dos Gates deve ser o mais frontal possível das Pontes de Embarque correspondentes.
- Deverá ser previsto espaço para filas e aglomeração de passageiros esperando para embarcar, em frente a cada Gate.
- Espaço previsto para até 02 (duas) leitoras de Cartão de Embarque, para cada Gate.

B.5 - Check-in de Conexão

- *Check-in* de Conexão significa aqui a função e também o espaço destinado ao processamento de aceitação e despacho, no Saguão do Desembarque, dos passageiros e de sua(s) bagagem(ns) pela companhia aérea, ou pelo seu representante, para um voo de conexão (tendo o passageiro desembarcado em um outro voo).
- Devem prover espaços adjacentes para aglomeração de pessoas sem interferirem no fluxo normal do desembarque, em direção à Sala de Restituição de Bagagem Compreende a área ocupada pelos balcões, balanças, esteiras, espaço para o atendente, e devem estar localizadas no Saguão de Desembarque – perto da porta de saída da Sala de Restituição de Bagagem. Deverá estar posicionado de forma a direcionar o fluxo dos passageiros atendidos a se submeterem ao sistema de inspeção para o reembarque.

B.6 - LL (Bagagem Extraviada)

- São as salas (para cada empresa) onde são tratadas, armazenadas e recuperadas as bagagens domésticas extraviadas – localizadas em área de acesso ao público, nas adjacências do Saguão de Desembarque.

B.7 - Salas VIP E CIP

- As salas VIPs poderão ficar dentro da área restrita (Sala de Embarque) se forem das Companhias Aéreas ou da INFRAERO. Deverão ter instalações de sanitários e copa / bar, telefone, computador ligado em rede e sistema de som, terminal SIV.
- As demais salas denominadas CIP (Commercial Important Person), usadas pelos clientes preferenciais de agências de turismo, cartões de crédito, hotéis, táxis aéreos, empresas de transporte rodoviário e outras organizações, têm que ficar obrigatoriamente fora da área restrita, mas próximas da entrada da sala de Embarque. Deverão ter instalações de sanitários, copa, telefones, computador ligado em rede e sistema de som, terminal SIV.
- As Salas VIPs não terão saída (gate) direta para o conector. O embarque será feito através dos portões comuns. Os passageiros embarcarão passando pelo sistema de revistas de Raios – x e Pórticos Detectores de Metais.

B.8 - Manutenção de linha (interna e externa da aeronave – suprimento de pronto atendimento à aeronave em operação)

- São salas de apoio às atividades do pátio, localizadas junto ao pátio, em área restrita.
- São compostas por escritório, sala de apoio de pista (apoio à carga de porão), depósitos (suprimento de bordo), apoio a manutenção (Posto avançado de manutenção de bordo – ex. poltronas, cobertores, material para sanitários, etc) e sanitários comuns para todas as Empresas.

B.9 - Estacionamento de Viaturas Operacionais

- Observar item A.6 (1.16) (2.15). O quantitativo e a destinação de vagas está exposto na Planilha de Requisitos Comerciais e Operacionais anexa.

C. Áreas Operacionais dos Órgãos Públicos

- Deverão ser previstas áreas para os Órgãos Públicos que atuarão no Terminal de Passageiros, dotadas de infra-estrutura básica, localizadas nas áreas **públicas e restritas, conforme sua função:**
 - SAÚDE DOS PORTOS
 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
 - RECEITA FEDERAL
 - POLÍCIA FEDERAL
 - SAC
 - DAC
 - POLÍCIA CIVIL
 - POLÍCIA MILITAR
 - JUIZADO DE MENORES

O programa de cada um deverá ser definido pelo Centro de Negócios juntamente com os representantes dos órgãos envolvidos.

C.1 - ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária)

- A ANVISA exerce ações de fiscalização e controle sanitário em aeronaves, pátios de aeronaves, edificações e demais áreas do sítio aeroportuário.
- As áreas mínimas com as respectivas localizações estão indicadas em planilha anexa no item V – Planilhas de Requisitos Comerciais e Operacionais.

C.2 - DAC (Departamento de Aviação Civil) / PFAC (Posto de Fiscalização de Aviação Civil)

- As áreas mínimas com as respectivas localizações estão indicadas em planilha anexa no item V – Planilhas de Requisitos Comerciais e Operacionais.

C.3 - POLÍCIA FEDERAL

- Balcões de vistoria de passaporte no Embarque Internacional, no Desembarque Internacional, e salas contíguas a essas atividades. As salas principais devem ser localizadas no Desembarque Internacional. Junto aos escritórios, prever alojamentos masculino e feminino com sanitários para 02 pessoas cada.

C.4 - IBAMA

- As áreas mínimas com as respectivas localizações estão indicadas em planilha anexa no item V – Planilhas de Requisitos Comerciais e Operacionais.

C.5 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

- As áreas mínimas com as respectivas localizações estão indicadas em planilha anexa no item V – Planilhas de Requisitos Comerciais e Operacionais.

C.6 - POLÍCIA CIVIL**C.7 - POLÍCIA MILITAR****C.8 - SECRETARIA DA AGRICULTURA (Governo Estadual)****C.9 - SECRETARIA DA FAZENDA (Governo Estadual)****C.10 - RECEITA FEDERAL (Alfândega) (vide figura 22)**

- Prever um escritório principal localizado no Desembarque Internacional que deve permitir o acesso público, independente da entrada na Sala de Desembarque Internacional. Os escritórios devem prever alojamentos masculino e feminino com sanitários para 02 pessoas cada.
- As áreas de atendimento aos passageiros devem ser localizadas após a Sala de Restituição de Bagagens para que os passageiros provenientes de vôos internacionais tenham suas bagagens vistoriadas.
- Os balcões de vistoria de bagagem devem ter uma altura confortável; de tal maneira que não sejam muito altos ao ponto de dificultarem a colocação de uma

mala pesada (pelo passageiro) e tampouco muito baixos que criem desconforto para realizar a vistoria (para o funcionário).

- Prever ainda um balcão no Saguão de Embarque para declaração de bens levados ao exterior.

C.11 - JUIZADO DE MENORES

- Os balcões de atendimento da SAC (Seção de Aviação Civil) e do Juizado de Menores devem ficar no Saguão Público para atendimento aos usuários.

D. Áreas de Processamento Operacional para Passageiros e Bagagens

D.1 - Meio-fio de Embarque/Desembarque (vide figuras 1 a 4)

- O Meio-Fio de Embarque/Desembarque é o espaço onde ficam as vias e a baía de acesso viário, de circulação e de parada de veículos que passam e/ou estacionam junto à calçada do Terminal de Passageiros, para deixar/receber pessoas e bagagens. Localizado ao longo da fachada frontal e das portas de entrada para o Terminal de Passageiros, na Área Pública de Embarque/Desembarque.
- Meio-Fio Duplo é o espaço que acontece em Aeroportos onde há mais de uma via em frente ao Terminal de Passageiros; divididas por uma ilha de calçada entre elas. Essa conformação tem a vantagem de aumentar a área de meio-fio de parada e estacionamento.
- Componentes:
 - Pista ao longo do Meio-Fio com, no mínimo, 04 faixas de rodagem com 3,60m de largura cada.
 - Portas de entrada para o Saguão de Embarque a, no máximo, 40,00m de afastamento, uma das outras (ao longo do comprimento útil do Meio-Fio).
 - Plataforma / Calçada de separação entre pistas no caso de Meio-Fios duplos (ilhas de separação entre pistas) com, no mínimo, 4,00m de largura útil livre.
 - Demarcação no piso de parada para Pessoas Portadoras de Necessidades Especiais, em conformidade com os padrões locais. Pontos com rebaixamento de meio-fio para acesso de cadeiras de rodas.
- Para turistas em excursões/pacotes turísticos, é conveniente prever-se área adjacente ao terminal, de fácil acesso, para o estacionamento de ônibus de turismo, para o embarque e desembarque. Cada um desses ônibus comporta até 50 passageiros para acomodá-los todos de uma só vez e mais a carga e descarga de suas bagagens demora-se um tempo considerável e não convém bloquear o Meio-Fio principal para esse fim.
- A primeira faixa de pista da via de acesso ao Terminal, próxima ao meio-fio, deverá ter marquise de proteção. Esta marquise de proteção dos meios-fios de Embarque e Desembarque deverá ter pé direito mínimo de 4.50m livres, para permitir a circulação e estacionamento de ônibus de turismo e veículos altos.
- Na calçada, sem atrapalhar o fluxo, deverão estar instalados os Caixas

Automáticos 24 horas, com espaço suficiente no passeio para não criar obstáculo à circulação de passageiros.

D.2 - Calçada do meio-fio de Embarque (vide figuras 1 a 4)

- A Calçada do Meio-Fio de Embarque é o espaço entre as vias de circulação e parada de veículos – ou mais especificamente, a faixa de rolagem mais próxima do Terminal de Passageiros – e as portas de entrada para o Saguão de Embarque.
- Componentes:
 - Largura mínima = 5 metros
 - Rebaixamento da calçada para facilitar acesso à “Pessoas com Necessidades Especiais” (com sinalização vertical específica)
 - Espaço para armazenamento de carrinhos de bagagem

D.3 - Calçada do meio-fio de Desembarque

- A Calçada do Meio-Fio de Desembarque é o espaço entre as vias de circulação e parada de veículos – ou mais especificamente, a faixa de rolagem mais próxima do Terminal de Passageiros – e as portas de saída do Saguão de Desembarque. Possui além dos mesmos componentes previstos para o de embarque, os seguintes:
 - Área para guarda de carrinhos de bagagens vazios, sem interferir no fluxo de passageiros.
 - Área para os Caixas Automáticos 24 horas com espaço suficiente no passeio para não criar obstáculo à circulação de passageiros.
 - Rebaixamento da calçada para facilitar acesso à “Pessoas com Necessidades Especiais” (com sinalização vertical específica).

D.4 - Portas de Entrada / Acesso para o Saguão

- Ao longo dos Meios-Fios a distância máxima entre portas de acesso ao interior do Terminal deve ser de 40,00m.
- As entradas devem ser distribuídas de forma equânime ao longo do Meio-fio.
- Essas entradas devem ser bem visíveis e demarcadas convenientemente, de fácil identificação, de maneira a não condicionar aglomerações de veículos junto à primeira porta.
- As portas deverão ser automáticas e ter dimensão mínima que comporte a passagem de veículos – necessidade comercial de expor no Saguão, por exemplo, uma pick up ou furgão.

D.5 - Saguão de Embarque

- Recinto de livre acesso ao público, para espera e circulação de passageiros, acompanhantes, visitantes e funcionários. Está vinculado ao processamento de

Embarque e é onde o usuário tem acesso ao processamento de aceitação e despacho do passageiro e sua bagagem (Balcões de check-in).

- O pé direito mínimo para as áreas de Saguão deve ser de 4,00m.
- Deverão ser localizados no Saguão:
 - O balcão de Informações da INFRAERO deve ficar no Saguão Público, centralizado, em posição visível. Deverá dispor de todas as instalações necessárias.
 - Os balcões de atendimento da PFAC (Posto de Fiscalização de Aviação Civil) e do Juizado de Menores devem ficar no Saguão Público para atendimento aos usuários.
 - Telefones públicos, próximos à saída das Salas de Desembarque, junto ao acesso às Salas de Embarque, próximos ao check-in, no acesso às baterias de sanitários, e outros locais julgados convenientes.
 - Locais para publicidade e propaganda com as instalações necessárias, back ou front light, além das informações operacionais e de comunicação visual.
 - Tótems de iluminação, sonorização e climatização, quando e onde forem necessários.
 - Quiosques de áreas comerciais, terminais multimídia, etc.

D.6 - Área de formação de filas para Passageiros Embarcando (vide figura 12)

- É a Área Pública para formação e acomodação de filas de passageiros embarcando mais o espaço destinado para a aglomeração de seus acompanhantes se despedindo, localizada antes da entrada para a Sala de Embarque / Inspeção de Segurança.
- Localização - Junto à entrada para a(s) Sala(s) de Embarque.
- Obs: O fluxo de passageiros de embarque internacional deve ser diferente do doméstico por necessitarem de vistoria da Polícia Federal, além de terem acesso, das Salas de Embarque, à área de compras não tarifadas, as lojas *Free Shop*.

D.7 - Área de formação de filas para Emigração - Polícia Federal (vide figura 18)

Embarque internacional

- É a Área Restrita e Alfandegada para formação e acomodação de filas de passageiros embarcando em vôos internacionais localizada na entrada do embarque internacional, antes dos balcões para verificação de passaportes da Polícia Federal.

D.8 - Controle de Passaportes / Emigração -Polícia Federal (vide figura 18)

Embarque internacional

- É a área para inspeção feita por agentes da Polícia Federal nos passageiros embarcando em vôos internacionais. Esta inspeção é feita em balcões padronizados e está localizada, no fluxo do embarque, antes da Vistoria de

Segurança e antes do acesso à(s) Sala(s) de Embarque Internacional.

D.9 - Inspeção / Vistoria de segurança para Passageiros Embarcando (vide figuras 12 à 16, 17a e 17b)

- É a área para inspeção corporal e da bagagem de mão através do Raio-x e Pórtico Detector de Metais, de todos os passageiros que se apresentam para o Embarque doméstico e internacional. Antes de entrarem na área da(s) Sala(s) de Embarque (para os passageiros domésticos) e antes do Controle de Passaportes/Polícia Federal (para os passageiros internacionais).

D.10 - Praça de Movimentação e Manuseio de Bagagem embarcada (vide figura 10 e 11)

- Área Restrita junto ao pátio de aeronaves para triagem e processamento das bagagens despachadas nos balcões de check-in e destinada às aeronaves.
- O processamento da bagagem pode ser manual, mecânico ou automático – sendo este último um sistema que requer maior espaço, projeto específico e orientações do Fabricante.
- Devem ser previstos áreas para equipamento de Raio-x para bagagens despachadas (bagagem de porão), armazenamento de bagagens de conexão, dollies vazios e dollies estacionados na periferia das esteiras sendo preenchidos com bagagens.
- Por fim, prever a entrada, circulação, manobra, ancoragem e saída dos Tratores rebocadores dos *dollies* para o Pátio de Aeronaves.
- As áreas de retaguarda de bagagens tanto embarcada quanto desembarcada, deverão ser dimensionadas de tal forma que permitam a movimentação e circulação das carretas de bagagem, conforme padrão da IATA.
- Na retaguarda de bagagem, a proteção para as esteiras de recolhimento de bagagem, deverá ser coberta por marquise com, no mínimo, 5/3 do pé direito adotado, a partir da face da esteira. O pé direito deverá ser ter no mínimo 3,00m e no máximo 5,00m de altura.
- Os pilares que estiverem na área de movimentação de bagagem e / ou próximos da via de serviço, deverão ter equipamento de proteção contra choques das carretas de bagagem.

D.11 - Sala de Embarque (vide figura 19)

- Sala de Embarque ou Sala de Pré-Embarque é o recinto de acesso restrito, onde só têm permissão de entrada os passageiros já processados no Check-in, de porte de seus cartões de embarque, e que aguardam o embarque aos seus respectivos vôos, ou empregados devidamente credenciados.
- Localização - Na Área Restrita, junto aos Gates e ao acesso às aeronaves (à pé, por ônibus, ou através do Conector e Pontes de Embarque)
- A Sala de Embarque deve ter, no mínimo, espaço para dois arrendamentos

comerciais tais como Café e Jornais/Revistas. A área do Café, se possível, poderá ter pequenas mesas e cadeiras para maior conforto dos usuários, desde que não interfiram na área operacional.

- A Sala de Embarque deverá ter a área calculada independente das áreas de baterias de sanitários, lojas, telefones públicos, balcões de informações, acomodações (assentos), monitores de SIV, e demais facilidades.
- A Sala de Embarque deverá ser dotada de baterias de sanitários: masculino, feminino e para pessoas portadoras de necessidades especiais, calculados de acordo com a demanda de passageiros.
- O pé direito mínimo para a Sala de Embarque, deve ser de 3,50m livres, de maneira a permitir, confortavelmente, a instalação dos equipamentos de Sistema Informativo de Vôos - SIV, sistema de som, comunicação visual, etc.
- A profundidade mínima ideal para a Sala de Embarque deve ser de 10,00m, com uma circulação de 4,00 m, independente da profundidade da sala.
- Na Sala de Embarque deverá haver balcões para as Companhias Aéreas, com infra-estrutura básica para a operação, instalações de telefone, computador, rede de comunicação e sistema de som.
- Para a Sala de Embarque deverá ser calculado um percentual de assentos de no mínimo 50% dos passageiros na Hora Pico, para serem acomodados na área da sala, sem considerar a circulação.
- Os portões de saída da Sala de Embarque para o conector – Gates - ou para a plataforma de Embarque Remoto, devem ser dotados de sistema de controle de acesso e facilidades para telefone, computador, rede de comunicação e sistema de som.
- Dentro da Sala de Embarque deverá haver telefones públicos, localizados de forma a não interferir no fluxo normal de passageiros.

D.12 - Conector / Corredor de circulação para Embarque e Desembarque

- É o corredor de acesso às Pontes de Embarque - para Embarque e Desembarque de passageiros. Tem ligação direta tanto com as Salas de Embarque através dos Gates quanto ao acesso às Salas de Desembarque. Para se evitar mistura de fluxos de passageiros tanto embarcados quanto desembarcados, deverão ser instaladas, estrategicamente, portas na circulação, nos acessos à circulação vertical (escadas e elevadores) e nas Salas de Embarque.
- Localização - Em Área Restrita, adjacente às Salas de Embarque, ao longo do perímetro do pátio com as posições de estacionamento de aeronaves. Entre as Salas de Embarque e a fachada do lado ar. Deverá ter largura mínima livre de 4,50m.
- O elemento fixo das pontes de Embarque, quando for o caso, ligado ao conector, deverá ter largura total de 2,50 m, inclinação máxima de 1:12, pé direito mínimo

de 2,20 m, corrimão nas duas paredes, piso antiderrapante e instalação de ar condicionado. O comprimento do elemento fixo depende do vão necessário à passagem da via de serviço sob eles e da inclinação, que por sua vez, depende da altura do pavimento superior do Terminal.

- Deverá ser prevista sala para inspeção de passageiros em trânsito, dimensionada para os equipamentos de RX e Pórtico Detector de Metais, na saída do conector.

D.13 - Sala de Embarque Remoto

- São as Salas de Embarque, localizadas no andar térreo, em Terminais de Passageiros que dispõem de Pontes de Embarque. O acesso a estas salas se dará através da Sala de Embarque.
- Nos Terminais de Passageiros que não possuem Pontes de Embarque as Salas de Embarque já são localizadas no térreo, portanto não há necessidade de chamá-las de “remotas”.
- A Sala de Embarque Remoto deverá ser dimensionada para acomodar os passageiros de um voo, no mínimo, e atender à demanda de passageiros na hora pico, e terá facilidades tais como: sanitários, balcões de empresas aéreas, acomodações (assentos), monitores de SIV, etc. O acesso às Salas deverá ocorrer por meio de escadas e elevadores.
- Na área de desembarque remoto, os ônibus que transportam os passageiros não devem fazer manobras para atracar no Terminal de Passageiros. Eles devem preferencialmente parar paralelos ao meio-fio ou então com inclinação máxima de 45 graus em relação a este – evitando assim o inconveniente de sujeitar os passageiros que estejam em pé dentro do ônibus, aos perigos e desconforto das possíveis manobras.
- No meio-fio de Embarque e Desembarque Remotos, as calçadas deverão ter largura mínima de 2.00m, a partir da face do primeiro obstáculo.

D.14-Área de formação de filas para Imigração – Polícia Federal

Desembarque internacional

- É a área restrita e alfandegada para formação e acomodação de filas de passageiros desembarcando de voos internacionais localizada antes dos balcões para inspeção de passaportes pela Polícia Federal. Nesta área deverá ser instalado o balcão para o 1º atendimento da ANVISA.

D.15 - Controle de Passaportes / Imigração – Polícia Federal

Desembarque internacional

- É a área para inspeção, feita por agentes da Polícia Federal, nos passageiros desembarcando em voos internacionais. Esta inspeção é feita através de balcões padronizados e está localizada, no fluxo do desembarque, antes do acesso à(s)

Sala(s) de Restituição de Bagagem e antes da Alfândega (Receita Federal).

- Localização: Área Restrita e Alfandegada do Desembarque Internacional, na área localizada antes da entrada para a Sala de Desembarque (Sala de Restituição de Bagagem).

D.16 - Praça de Movimentação e Manuseio de Bagagem Desembarcada

- **Área Restrita, junto ao pátio, para processamento das bagagens que chegam dos vôos** para serem colocadas nas esteiras de Restituição de Bagagem. Fica localizada juntamente ao (de frente) Pátio e às posições de Estacionamento de Aeronaves.
- O processamento da bagagem pode ser manual, mecânico ou automatizado – sendo este último um sistema que requer maior espaço e projeto específico e orientações do fabricante.
- Tem como componentes esteiras e/ou carrosséis de bagagem e porta para acesso de bagagens fora de padrão (grandes volumes, pranchas de surfe, velas de Wind surfe, etc).
- Deve-se prever também as baias para entrada, manobra, ancoragem e saída dos Tratores rebocadores dos *dollies* que chegam cheios de bagagem do Pátio de Aeronaves.

D.17 - Sala de Desembarque (vide figuras 20 e 21)

- Sala de Desembarque ou de Restituição de Bagagem é o recinto de acesso restrito por onde passam e/ou permanecem os passageiros desembarcados, antes de se dirigirem ao Saguão de Desembarque, e para onde são levadas as bagagens despachadas dos vôos de desembarque, para reconhecimento e recuperação pelos passageiros.
- Localização: Área Restrita do Desembarque.
- A sala de Desembarque deverá ter a área útil calculada independente da área das esteiras de bagagem, das baterias de sanitários masculino, feminino e para deficientes, da sala LL (Lost Luggage) e das demais facilidades necessárias como: balcões de companhias aéreas, área de estacionamento de carrinhos, monitores de SIV, telefones públicos, bebedouros, etc.
- No Saguão, na saída da Sala de Desembarque, deverá haver um anteparo que impeça o acesso de público para dentro dela, interferindo no fluxo de passageiros.
- Esteira de Restituição de Bagagem é o dispositivo eletro-mecânico que transporta as bagagens dos passageiros desembarcados, da retaguarda de bagagem (Área de Processamento / Manuseio de Bagagem, no pátio) para a Sala de Restituição de Bagagem (Sala de Desembarque) – de forma a organizar e agilizar o reconhecimento e a recuperação das bagagens pelos passageiros. (vide figuras

20 e 21)

- O módulo estrutural da edificação deverá permitir o afastamento necessário das esteiras de restituição de bagagem, como se segue:
 - 9,00 m entre as faces de duas esteiras;
 - 6,00 m em relação a barreiras fixas, adjacentes a um lado da esteira e;
 - 8,00 m da ponta da esteira até o primeiro obstáculo.
- A quantidade de carrinhos de bagagem deverá considerar 50% dos passageiros na Hora Pico. A posição dos mesmos, dentro da sala, deverá ser estudada de modo a não interferir no fluxo operacional, localizando-se antes das esteiras de restituição de bagagem, no encaminhamento natural dos passageiros. Deverá ser prevista uma porta para retorno dos carrinhos vazios do saguão à sala de desembarque, sem passar pelo fluxo de saída dos passageiros.
- O pé direito mínimo para a Sala de Desembarque deve ser de 3,50 m livres, de maneira a permitir, confortavelmente, a instalação dos equipamentos de comunicação visual, som, Sistema Informativo de Vôos – SIV, etc.
- Na parede de fundo da área de restituição de bagagens, junto às esteiras, deverá haver uma porta para bagagem fora de padrão (Odd Sized Luggage) com vão livre mínimo de 1,50 m. Esta passagem deve ser dotada de porta com chave e somente será utilizada quando da necessidade de passagem de bagagens que não podem utilizar as esteiras.
- Nessa parede de fundo das esteiras da Sala de Desembarque, deverá haver uma esquadria com vidro transparente ou pano de vidro tipo visor, fixo, para que os passageiros possam acompanhar o manuseio das bagagens e inibir qualquer ato suspeito por parte dos funcionários.
- Dentro da Sala de Desembarque deverá haver telefones públicos, localizados de forma a não interferir no fluxo normal de passageiros, assim como pequeno número de assentos para utilização de passageiros portadores de necessidades especiais, tais como: mulheres gestantes, idosos, etc.
- No Desembarque deverá haver uma área de aproximadamente 20.00m², destinada à bagagem extraviada (LL – “Lost Luggage”), com balcão de atendimento e espaço para depósito das Cias. Aéreas.
- Na sala de Desembarque deverá haver um balcão de apoio das Companhias Aéreas, para atendimento e informações aos passageiros, com infra-estrutura básica para operação, instalações de telefone, computador, rede de comunicação e sistema de som. Deve ficar numa área prevista para aglomeração, sem interferir no fluxo normal de passageiros.

D.18 - Alfândega / Vistoria Bagagens

Desembarque internacional

- É o recinto localizado depois da Sala de Restituição de Bagagem e das lojas tipo Free Shop, para os passageiros, desembarcando em vôos internacionais, terem

suas bagagens vistoriadas pela Receita Federal. Fica em Área Restrita e Alfandegada do Desembarque Internacional.

- Prever balcão no Saguão de Embarque para declaração de objetos levados ao exterior.
- Os balcões de vistoria de bagagem devem ter uma altura confortável; de tal maneira que não seja muito alto que dificulte a colocação de uma mala pesada (pelo passageiro) e tampouco muito baixos que criem desconforto para realizar a vistoria (para o funcionário).

D.19 - Saguão de Desembarque

- Recinto de livre acesso ao público, para espera e circulação de passageiros, acompanhantes, visitantes e funcionários.
- Está vinculado ao processamento de desembarque e é onde o usuário e o passageiro têm acesso à área comercial e aos serviços de apoio ao desembarque, tais como: telefones, sanitários públicos, balcão de informação, Informações Turísticas, Locadoras, Reserva de Hotéis, Táxis, monitores SIV, etc.
- No Saguão de Desembarque, a posição ideal para os "lockers", guarda-volumes automáticos, deverá ser em parede voltada para o exterior, para maior segurança, e de preferência junto ao guarda-volumes com atendente. Deverão ser localizados em área de pouco acúmulo de pessoas.

D.20 - Saída para o Meio-Fio de Desembarque

- Localizada na área pública do desembarque, junto às saídas das Salas de Desembarque e às saídas para o Meio-Fio de Desembarque e composta por mobiliário de espera (assentos, floreiras, lixeiras) e áreas de estar e circulação.

E.ÁREAS COMERCIAIS

- A quantidade, tipo e características das áreas comerciais, sua disposição e localização no Terminal, deverá atender à solicitação do Departamento de Desenvolvimento Mercadológico – DCDM – da INFRAERO. A premissa básica é que a Área Comercial não atrapalhe os fluxos operacionais normais do Terminal de Passageiros.
- A área comercial principal (lojas) deverá ser mais diretamente vinculada com o processamento de Embarque. Esta área deve ser locada para ser de fácil Identificação, Localização, Visualização e Acesso, ao passageiro de Embarque, que é o que mais faz uso do serviço.
- É importante que o passageiro possa utilizar a Área Comercial estando tranquilo quanto ao seu iminente embarque. O ideal é que a Área Comercial se localize entre os balcões de Check-in e a entrada para as Salas de Embarque.
- Importante também é a promoção da permeabilidade entre os espaços externos e internos das lojas – convidando os transeuntes a utilizarem o espaço comercial

- Deve ser pensado no espaço interno das lojas, folga suficiente para trânsito de passageiros portando malas com rodinhas e até mesmo com carrinhos de bagagem.
- Alguns serviços de usos mais específicos tais como: Restaurante, Correios, Agência Telefônica, Banco, Barbearia/Cabeleireiro e mesmo a Farmácia, podem fugir um pouco dessa recomendação, pois são locais de uso sabidamente mais específicos e demorados em que o passageiro irá procurá-los onde quer que eles estejam.
- Deverá ser estudada e prevista uma certa diversidade tipológica de espaços para arrendamento comercial, tais como Lojas de vários tamanhos (ou moduladas), Quiosques, Balcões, Stands, Painéis, Vitrínes Independentes, Mostruários, etc.

E.1 - Depósito dos Concessionários Comerciais (Lojas e Restaurantes)

- Deverá ser prevista uma área para depósito dos concessionários. Esta área será utilizada para armazenamento de parte do estoque (produtos) dos mesmos. Localizada em área de fácil acesso às áreas comerciais.

E.2 - Praça de Alimentação

- Deverá haver espaço previsto para uma Praça de Alimentação, preferencialmente agregada ao mirante público, com áreas para mesas e balcões, e de fácil visualização da entrada da Sala de Embarque.
- Deverá ser previsto o encaminhamento de carga e descarga para atender aos pontos comerciais de alimentação bem como circulação de serviço para abastecimento e recolhimento de lixo. O acesso independente deverá assemelhar-se ao de um Shopping Center, contudo, fora da área restrita. Corredor de Serviço para equipes diversas com largura mínima de 1,80m e portas duplas.

E.3 - Área de Carga e Descarga

- Localizada em área reservada de serviço no Lado Terra, deve ter acesso ao hall de elevadores e escadas de serviço, além do Pátio de Carga e Descarga.
- O Pátio de Carga e Descarga é o espaço localizado no Lado Terra, que deverá ser usado para os concessionários abastecerem e desabastecerem suas lojas e restaurantes. Deve ter espaço compatível com os tipos de veículos utilizados, inclusive espaço para manobra/ estacionamento.

E.4 - Free-Shop

- É necessário prever-se espaço para lojas Free-Shop, tanto na área de Embarque Internacional quanto no Desembarque Internacional. As áreas reservadas a essas lojas podem ou não ser utilizadas, dependendo da demanda. Portanto, é conveniente que sejam áreas flexíveis e que caso não sejam utilizadas possam ser incorporadas naturalmente ao espaço circundante.

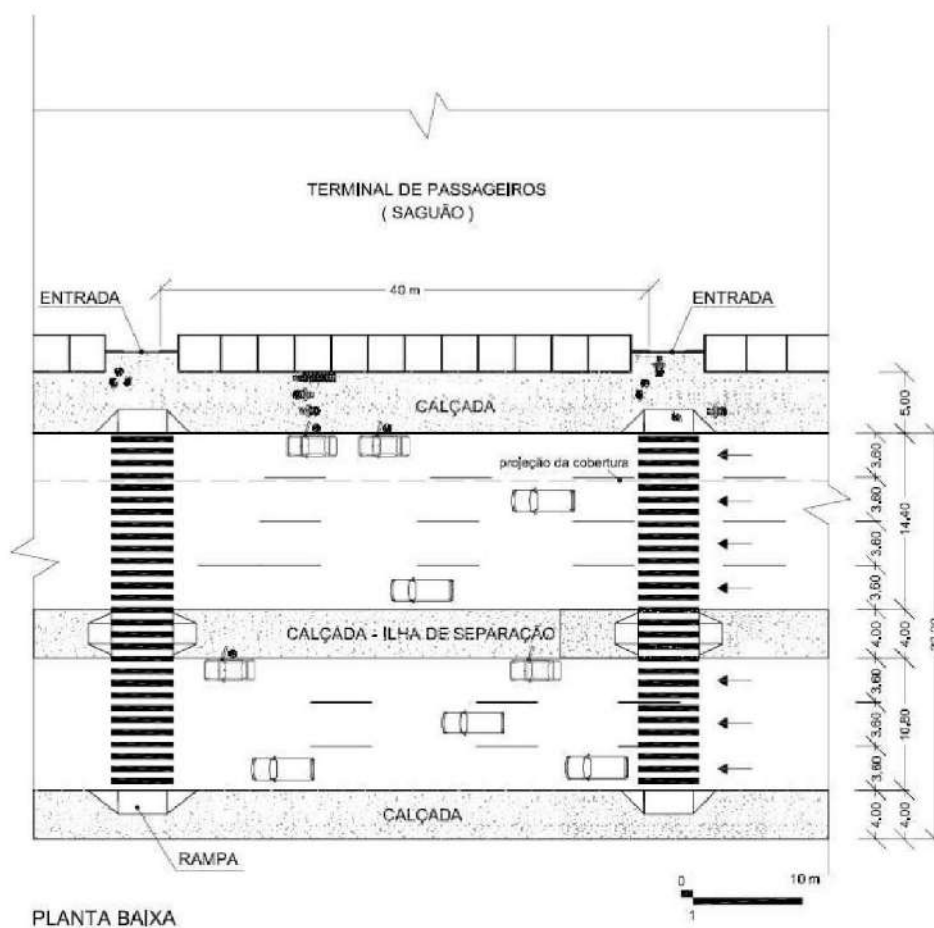
- Deve-se prever espaço para depósito, adjacente a cada uma dessas lojas - uma vez que elas não devem ter acesso livre às áreas externas.
- Na Sala de Desembarque Internacional é necessário prever-se um espaço do lado de fora da porta da loja Free-Shop, para o estacionamento e armazenagem de carrinhos de bagagem, com as respectivas malas dos passageiros que estejam dentro da Free-Shop (os que já tiverem recuperado sua bagagem nas esteiras de restituição e estejam dentro das lojas). Essa área reservada aos carrinhos não deve interferir no fluxo normal da área de Desembarque Internacional, nem com a área de armazenamento dos carrinhos vazios e também com a aglomeração e fila para a Receita Federal (Alfândega).

E.5 - Caixas Automáticos

- Devem estar juntos e em local seguro, preferencialmente para o público do Desembarque.

FIGURA 1

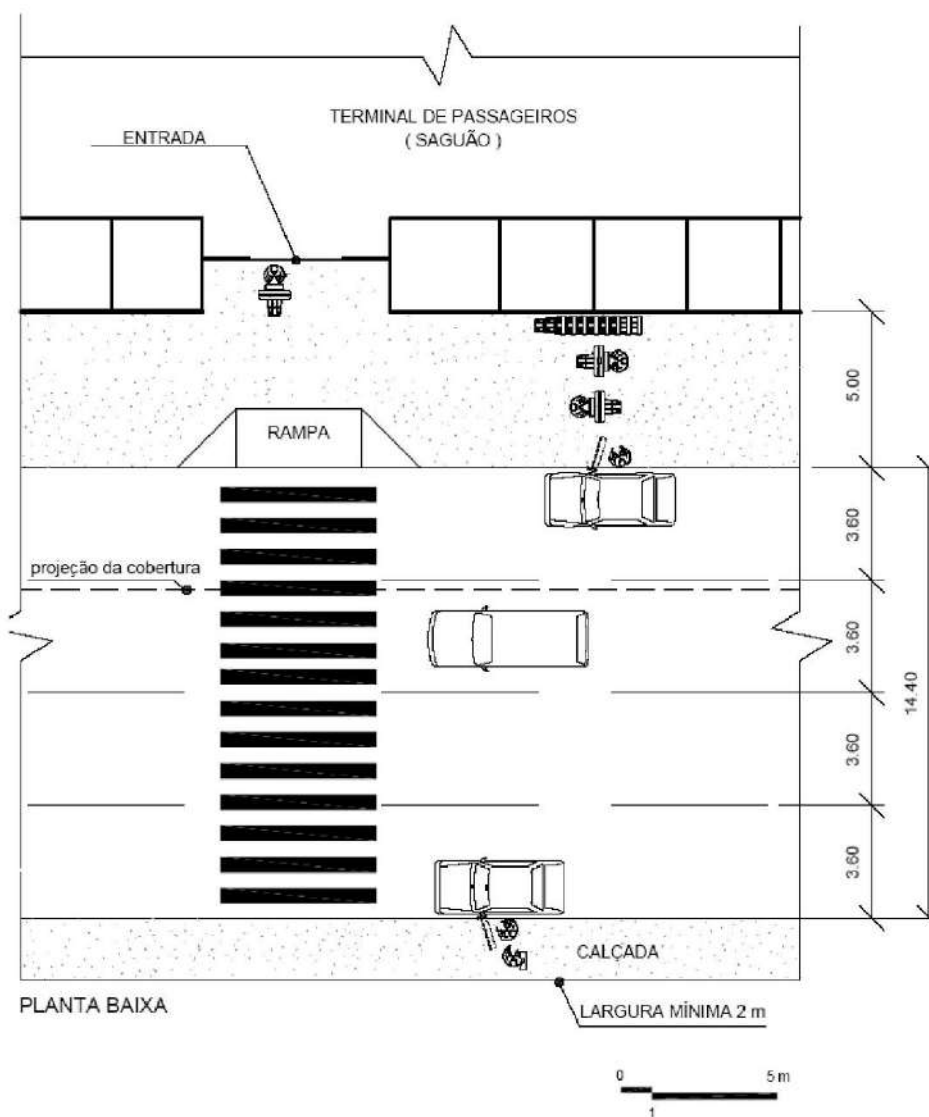
atualizada em (27-08-07)



EXEMPLO DE MEIO-FIO DUPLO DE EMBARQUE / DESEMBARQUE

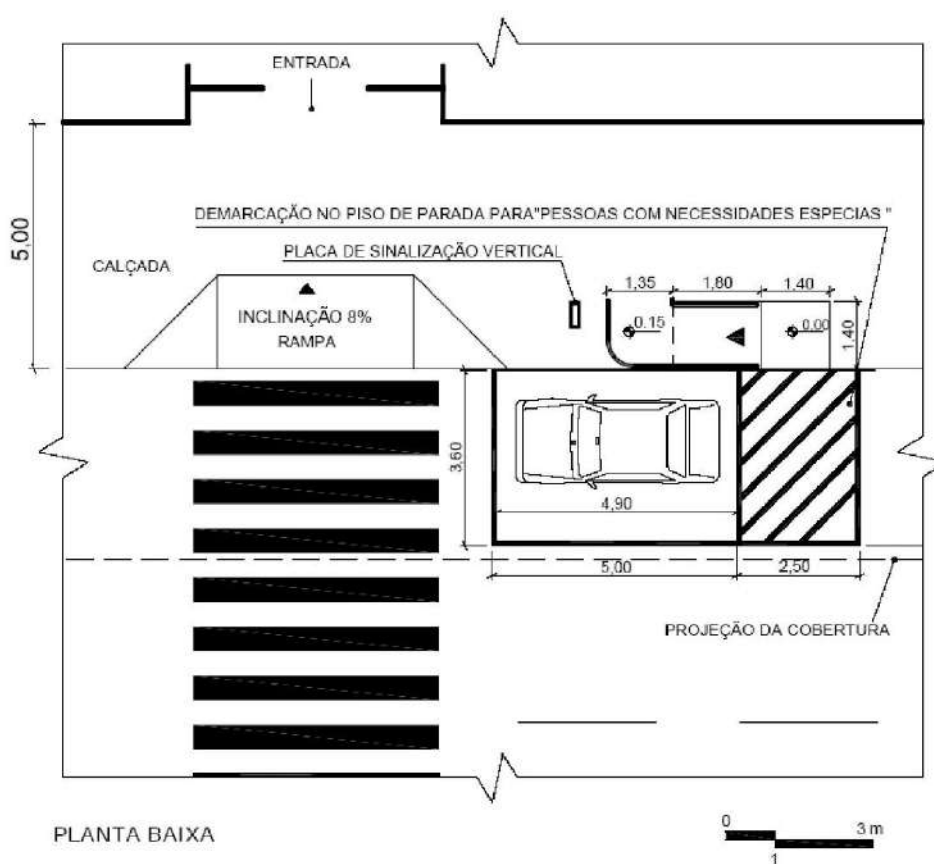
(4 + 3 FAIXAS DE ROLAGEM PARA VEÍCULOS)

FIGURA 2
atualizada em (27-08-07)



EXEMPLO DE CALÇADA EM VIADUTO
DIMENSÕES MÍNIMAS

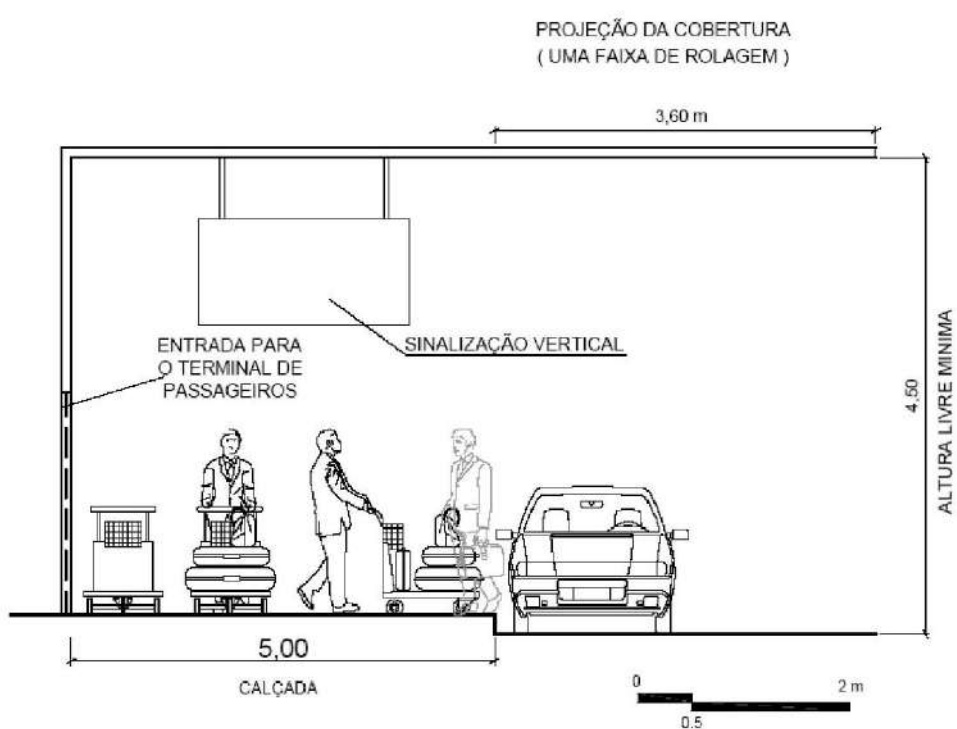
FIGURA 3
atualizada em (27-08-07)



EXEMPLO DE RAMPA DE ACESSO PARA
PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS

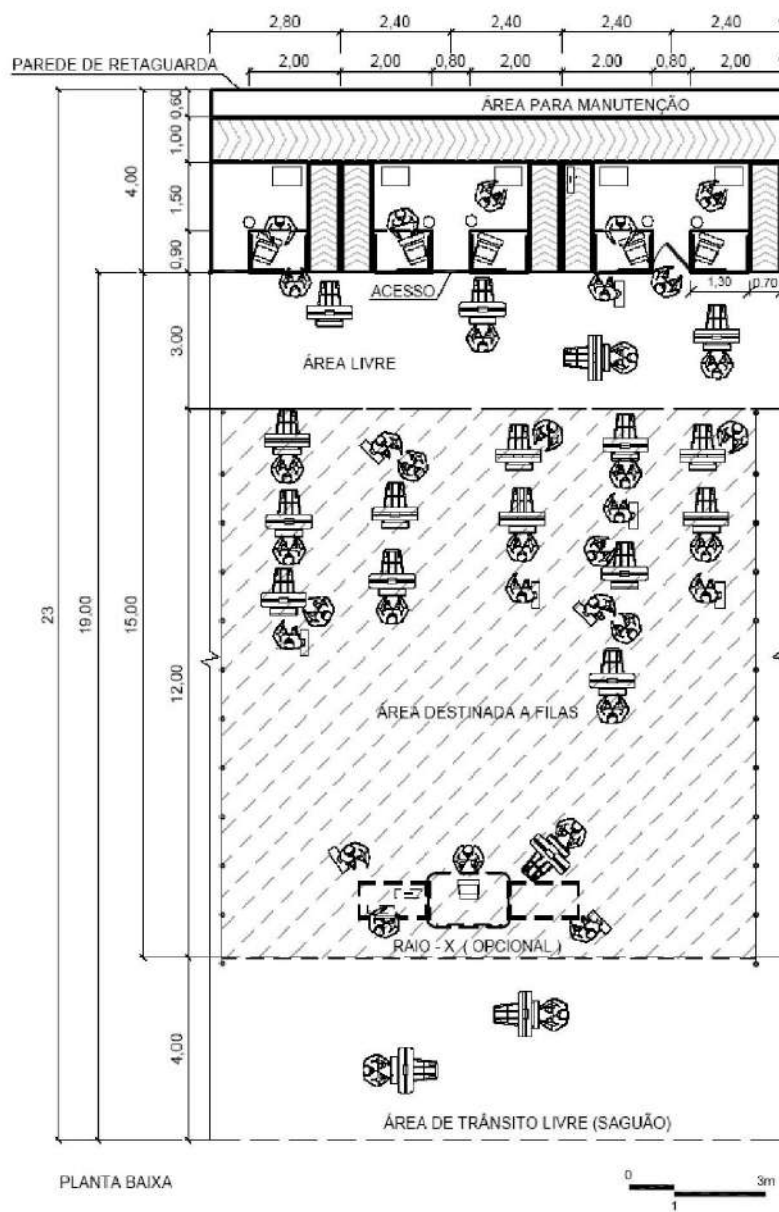
MEIO-FIO DE EMBARQUE / DESEMBARQUE

FIGURA 4
atualizada em (27-08-07)



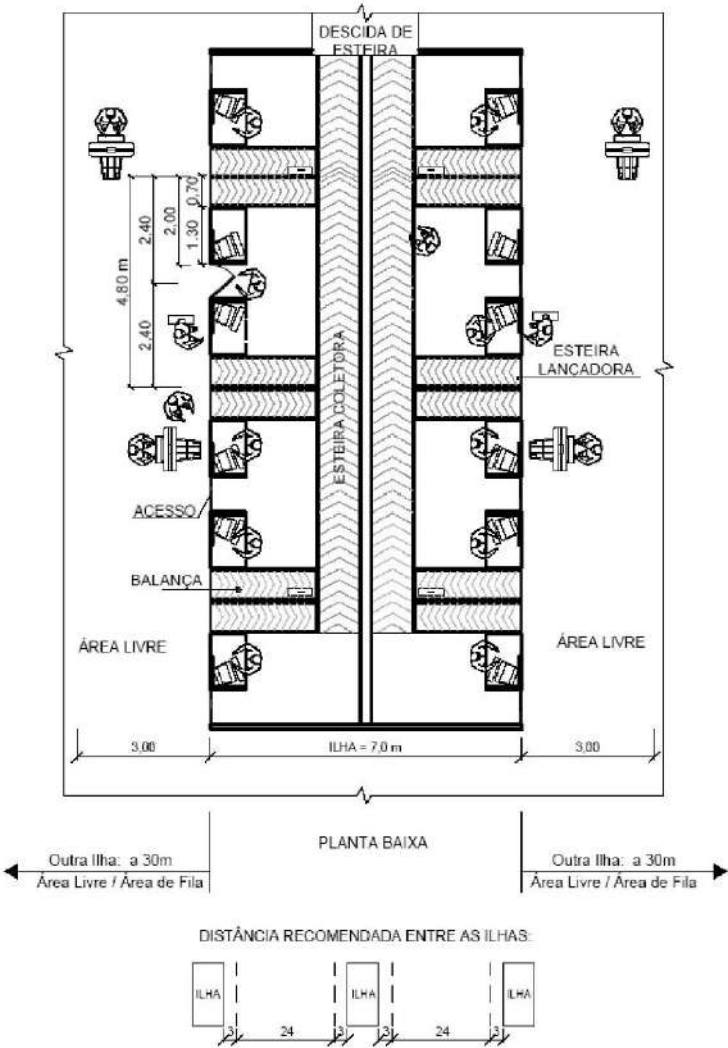
EXEMPLO DE COBERTURA / MARQUISE
PARA MEIO-FIO DE EMBARQUE / DESEMBARQUE
(CORTE ESQUEMÁTICO / VISTA)

FIGURA 5
atualizada em (27-08-07)

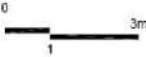


EXEMPLO DE BALCÕES, ÁREAS DE FILA
E CIRCULAÇÃO NO CHECK-IN
(PADRÃO LINEAR)

FIGURA 6
atualizada em (27-08-07)

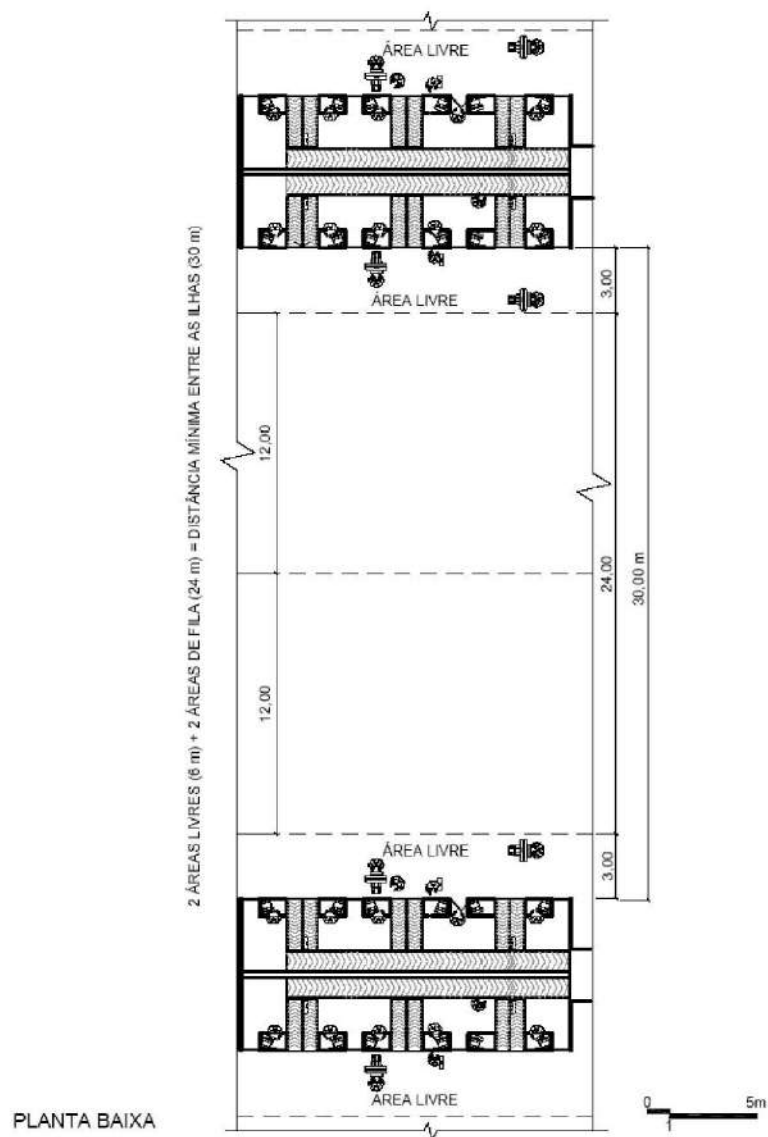


2 Áreas livres (6m) + 2 Áreas de Fila (24m) = Distância mínima entre as Ilhas (30 m)



EXEMPLO DE BALCÕES DE CHECK-IN
(PADRÃO ILHA/PENÍNSULA)

FIGURA 7
atualizada em (27-08-07)



EXEMPLO DE BALCÕES DE CHECK-IN
(PADRÃO ILHA/PENÍNSULA)
ESPAÇO ENTRE CONJUNTOS

FIGURA 8a
atualizada em (29-11-06)

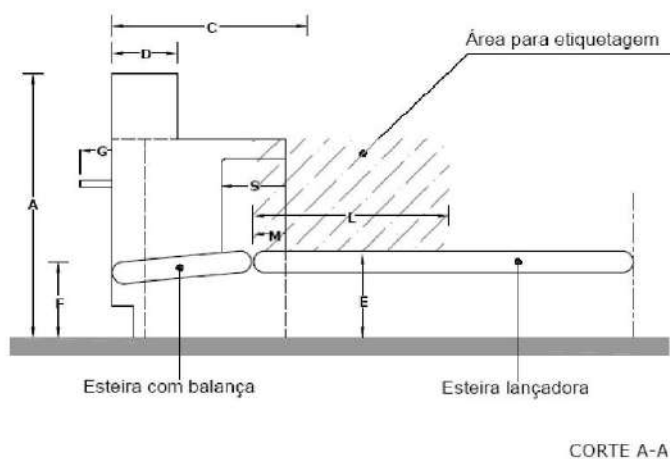
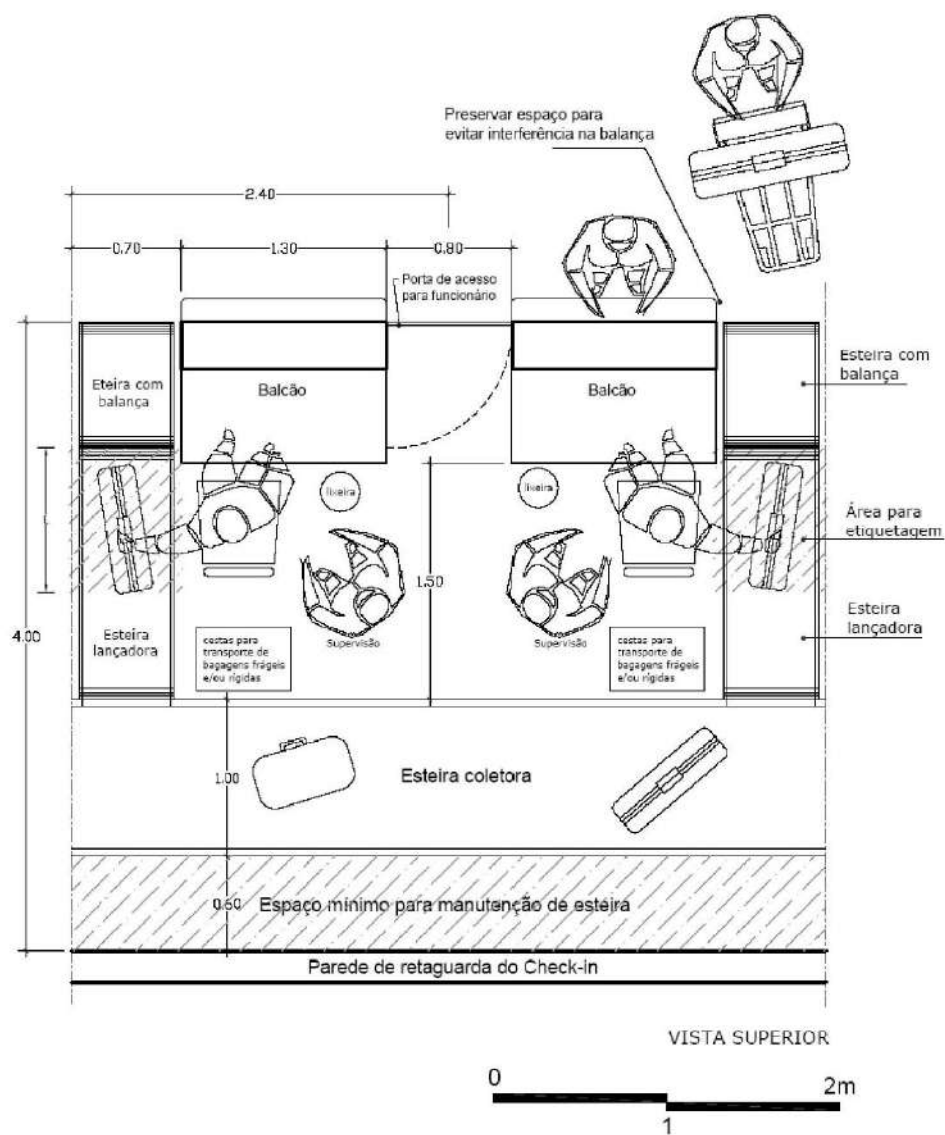


Tabela de Dimensões		
	Elemento	Dimensões (cm)
A	Altura do balcão	112 - 122
B	Altura do espaço de trabalho	92 - 100
C	Profundidade do balcão	85 - 95
D	Profundidade do topo do balcão	25 - 30
E	Altura da esteira para etiquetagem	40 - 45
F	Altura da esteira com balança no lado do passageiro	30 - 35
G	Profundidade da prateleira	10 - 15
H	Altura da prateleira	70 - 80
L	Comprimento da esteira para etiquetagem	80 - 90
M	Deslocamento da esteira além da linha do balcão (etiquetagem)	15 - 20
N	Largura do balcão	120 - 130
O	Largura da esteira	50 - 60
P	Espaço entre balcões	70
Q	Espaço livre abaixo do espaço de trabalho	87 - 95
R	Espaço livre útil para joelho do atendente	mínimo: 60
S	Profundidade do recorte para joelho do atendente	aprox. 30
T	Espaço livre útil acima do espaço de trabalho	25 - 30
U	Espaço para armazenagem e equipamento	De acordo com a Companhia Aérea Local
V	Profundidade da área para instalações e cabos	aprox. 15

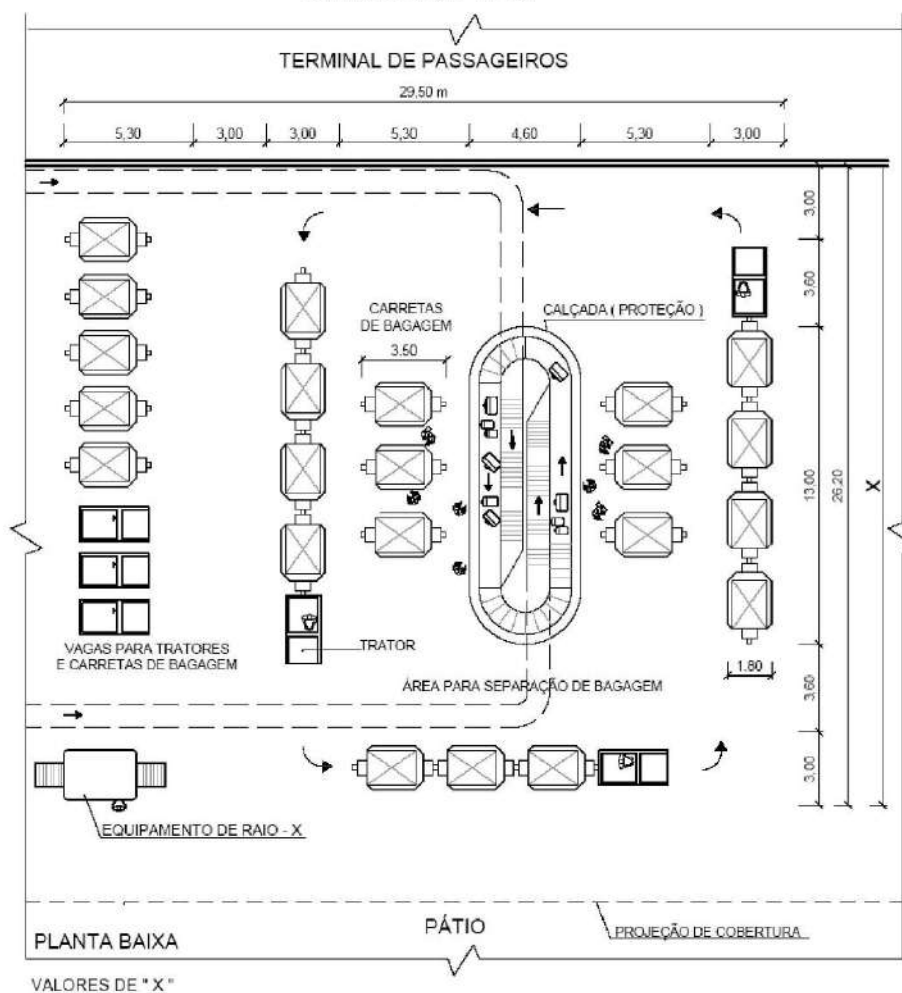
EXEMPLO DE BALCÃO DE CHECK-IN
(Exemplo de locação de balcões com dimensões recomendadas)

FIGURA 8c
atualizada em (29-11-06)



EXEMPLO DE BALCÃO DE CHECK-IN
(Exemplo de locação de balcões)

FIGURA 10
atualizada em (29-11-06)



X = 10,0 m para aeroportos com movimento de passageiros até 499.999 pax/ano

X = 15,0 m para aeroportos com movimento de passageiros entre 500.000 a 999.999 pax/ano

X = 20,0 m para aeroportos com movimento de passageiros entre 1.000.000 a 4.999.999 pax/ano

X = 25,0 m para aeroportos com movimento de passageiros entre 5.000.000 até 9.999.999 pax/ano

X = 30,0 m para aeroportos com movimento de passageiros acima de 10 milhões pax/ano

0 5 m

EXEMPLO DE PRAÇA DE MOVIMENTAÇÃO E
MANUSEIO DE BAGAGEM EMBARCADA
COM UMA ESTEIRA (UM MÓDULO)

FIGURA 11
atualizada em (13-09-06)

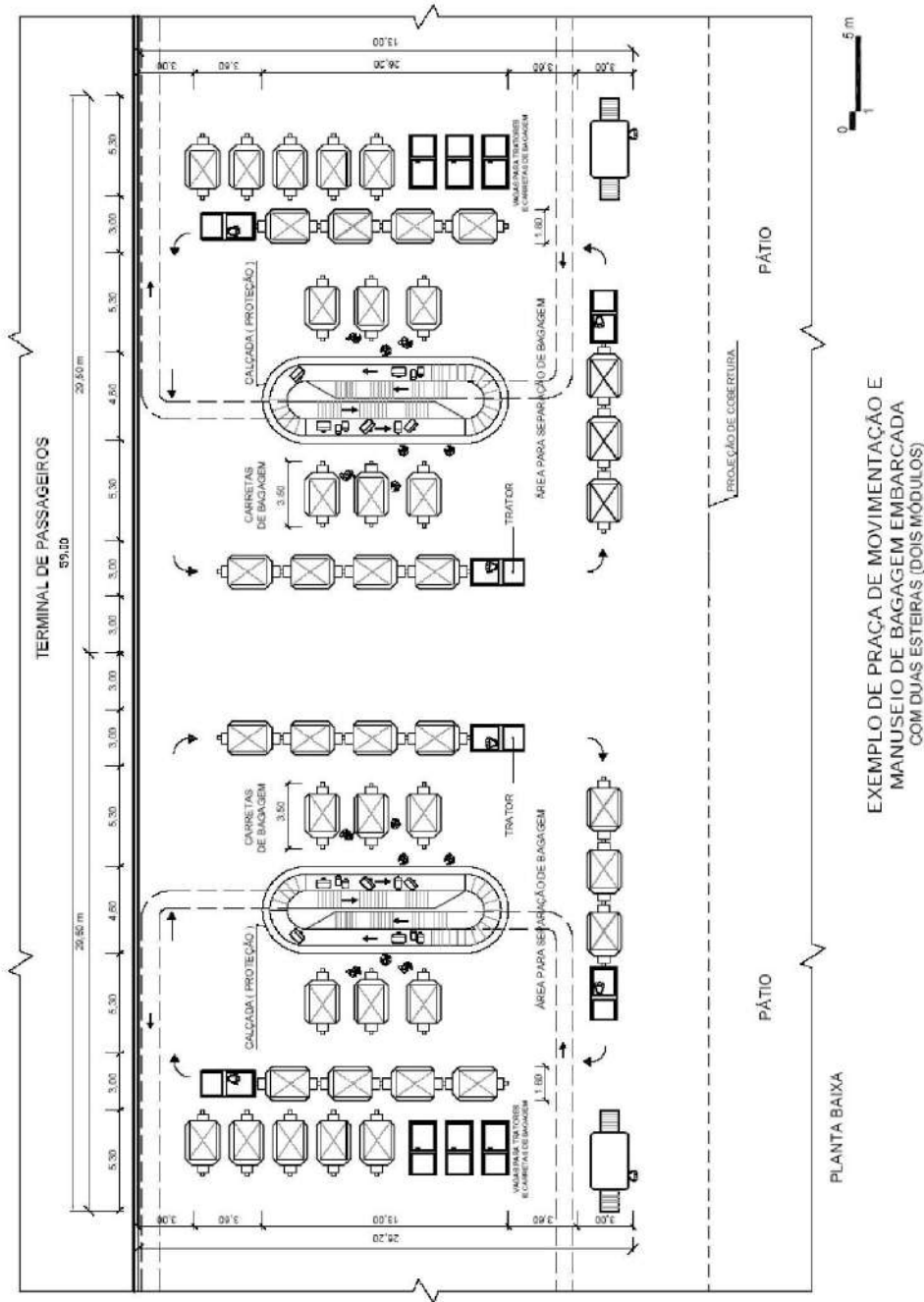
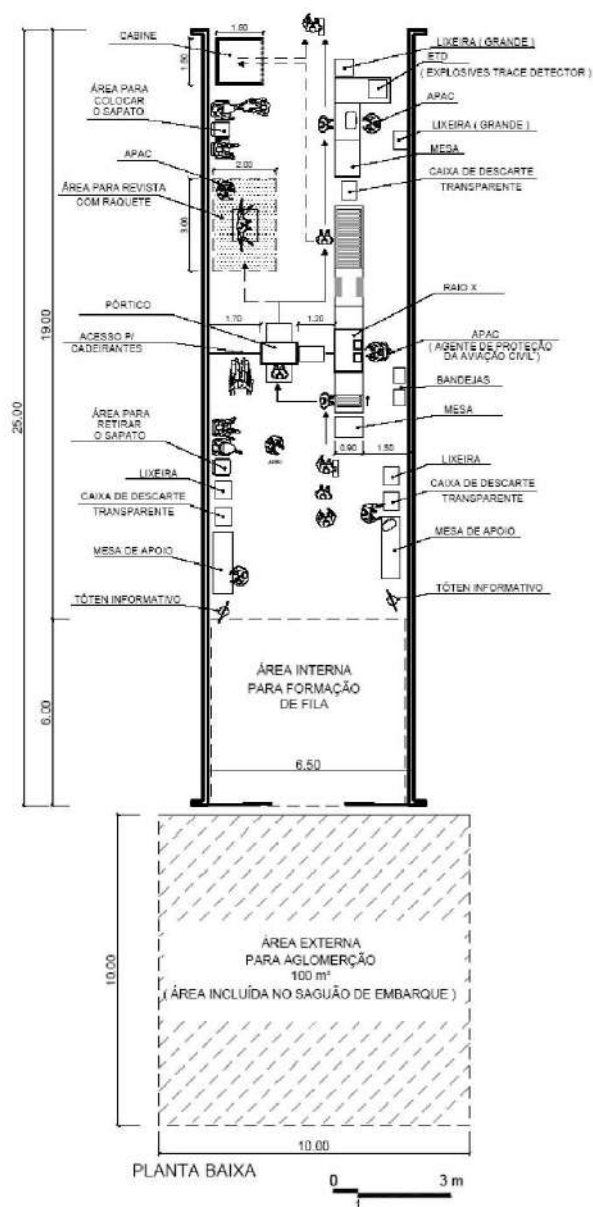
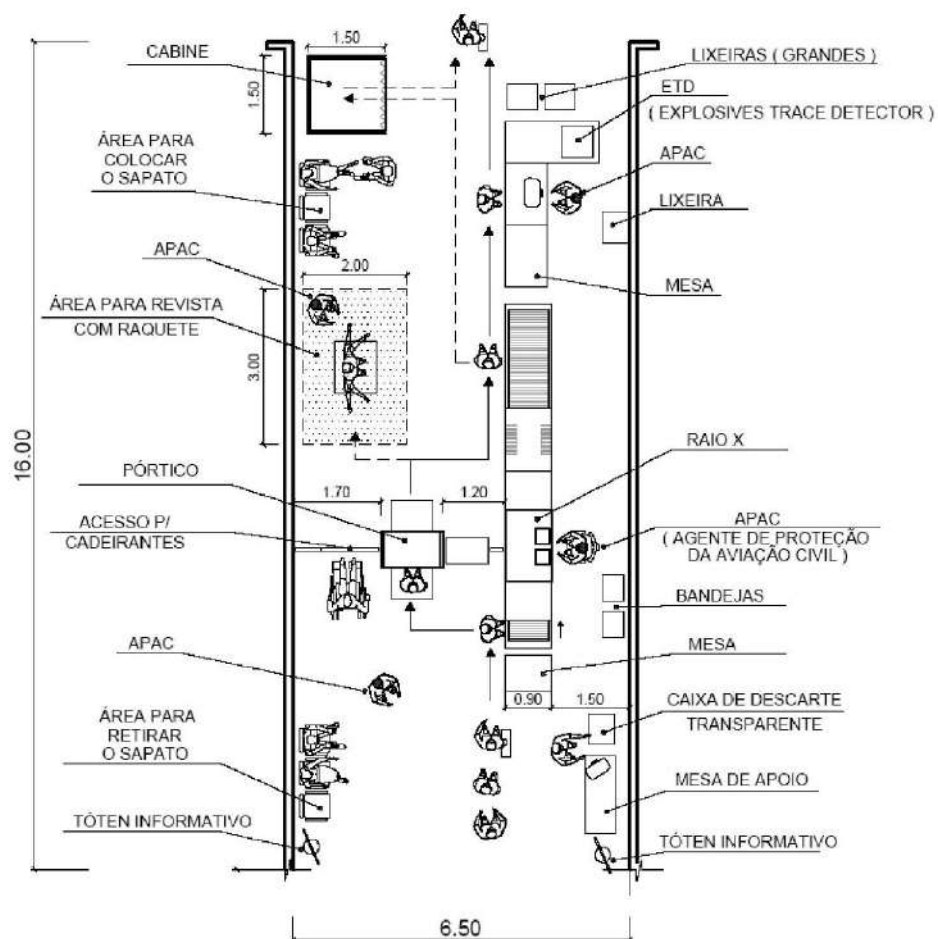


FIGURA 12
atualizada em (19-11-07)



EXEMPLO DE ÁREA DE FORMAÇÃO DE FILA
PARA PASSAGEIROS EMBARCANDO
(1 CONJUNTO DE EQUIPAMENTO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA)

FIGURA 13
atualizada em (19-11-07)



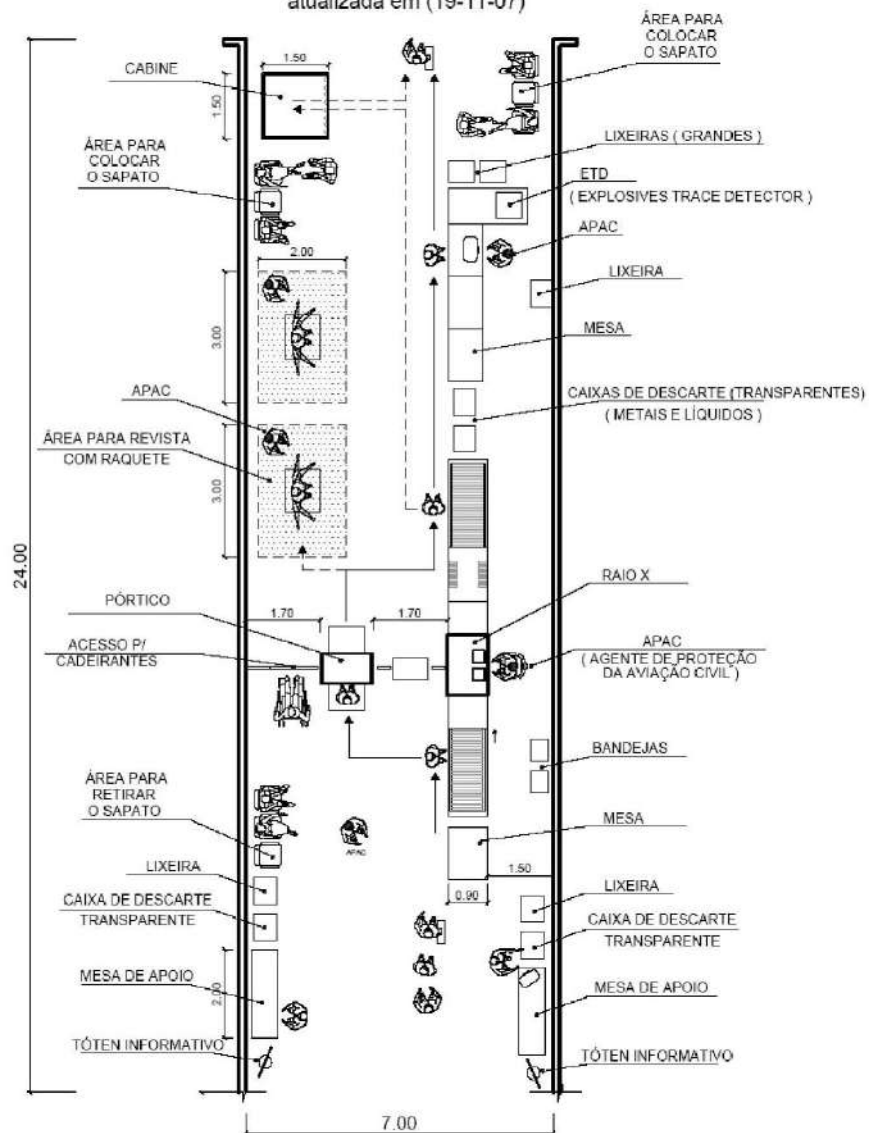
PLANTA BAIXA

EQUIPAMENTO DE REFERÊNCIA
PerkinElmer - Linescan 110/III



EXEMPLO DE ÁREA PARA INSPEÇÃO / VISTORIA DE
SEGURANÇA - BAGAGEM DE MÃO E PASSAGEIRO
(1 CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA)

FIGURA 14
atualizada em (19-11-07)



PLANTA BAIXA

EQUIPAMENTO DE REFERÊNCIA
PerkinElmer - Linescan 110/III

0 3 m
1

EXEMPLO DE ÁREA PARA INSPEÇÃO / VISTORIA DE
SEGURANÇA - BAGAGEM DE MÃO E PASSAGEIRO
(1 CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA)
(E DUAS ÁREAS PARA REVISTA COM RAQUETE)

FIGURA 15
atualizada em (19-11-07)

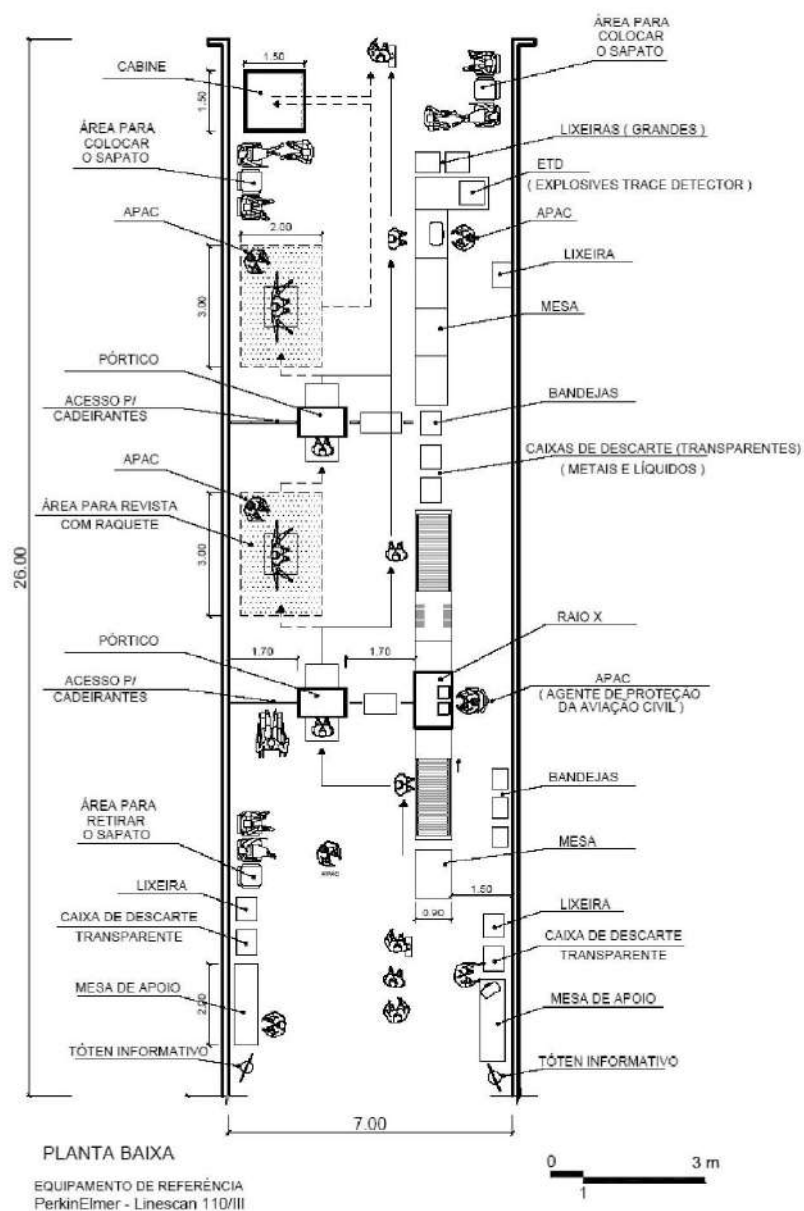


FIGURA 16
atualizada em (19-11-07)

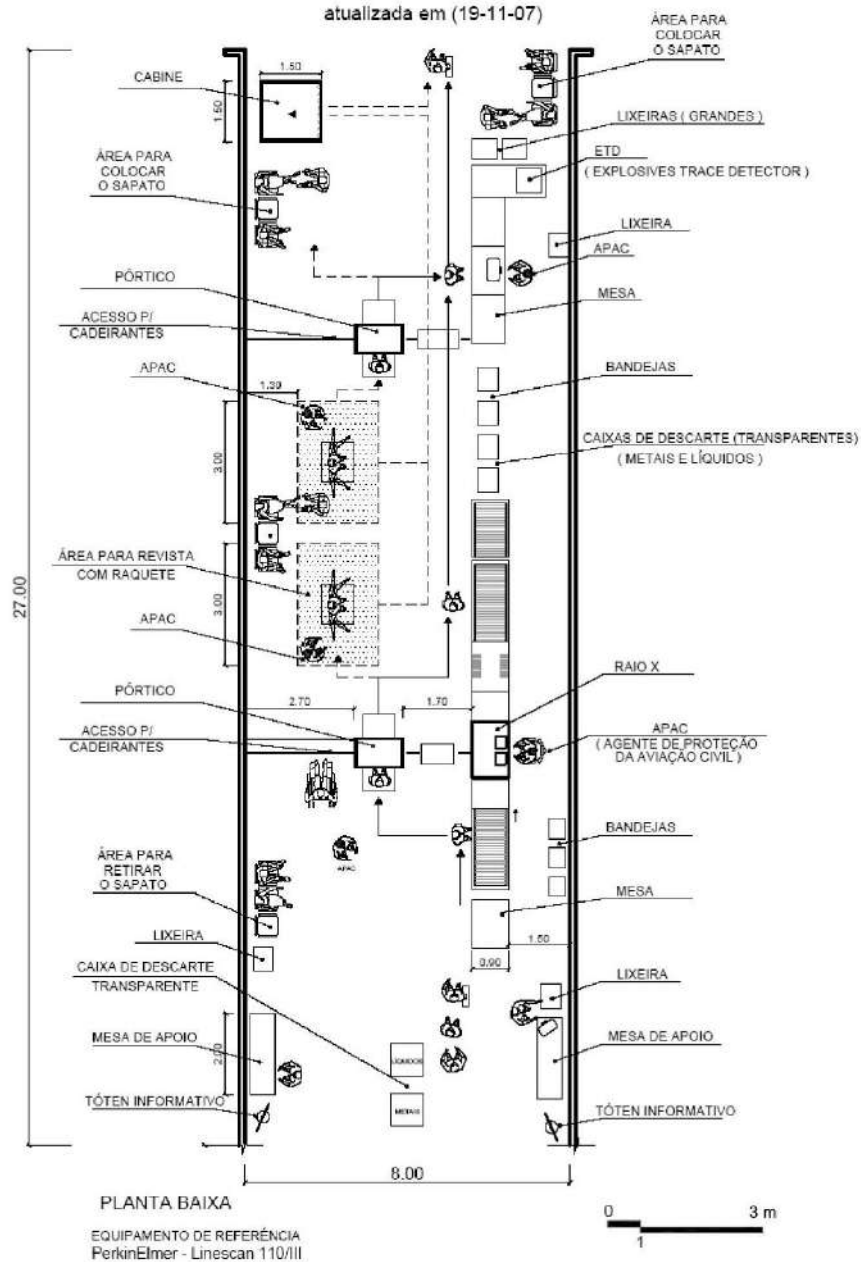
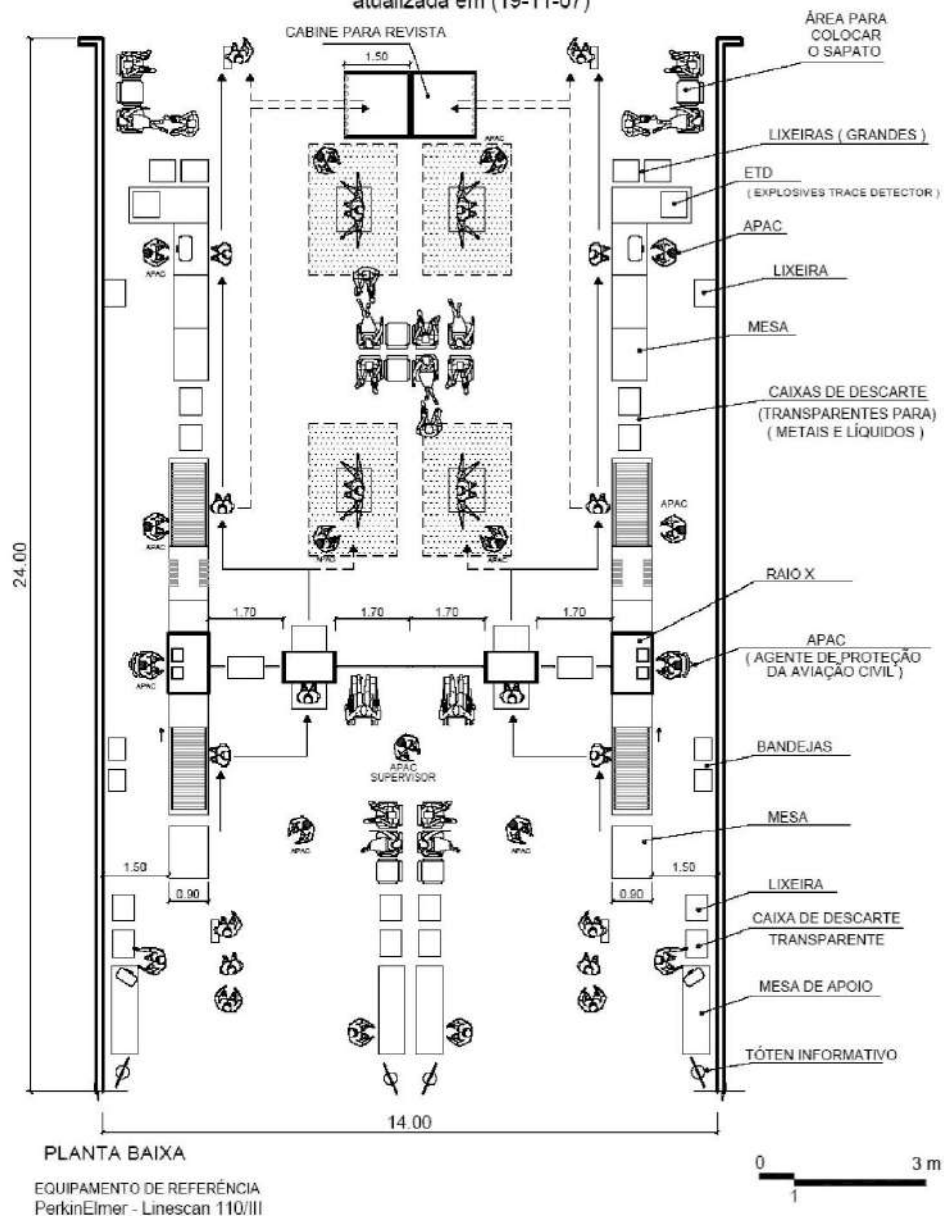
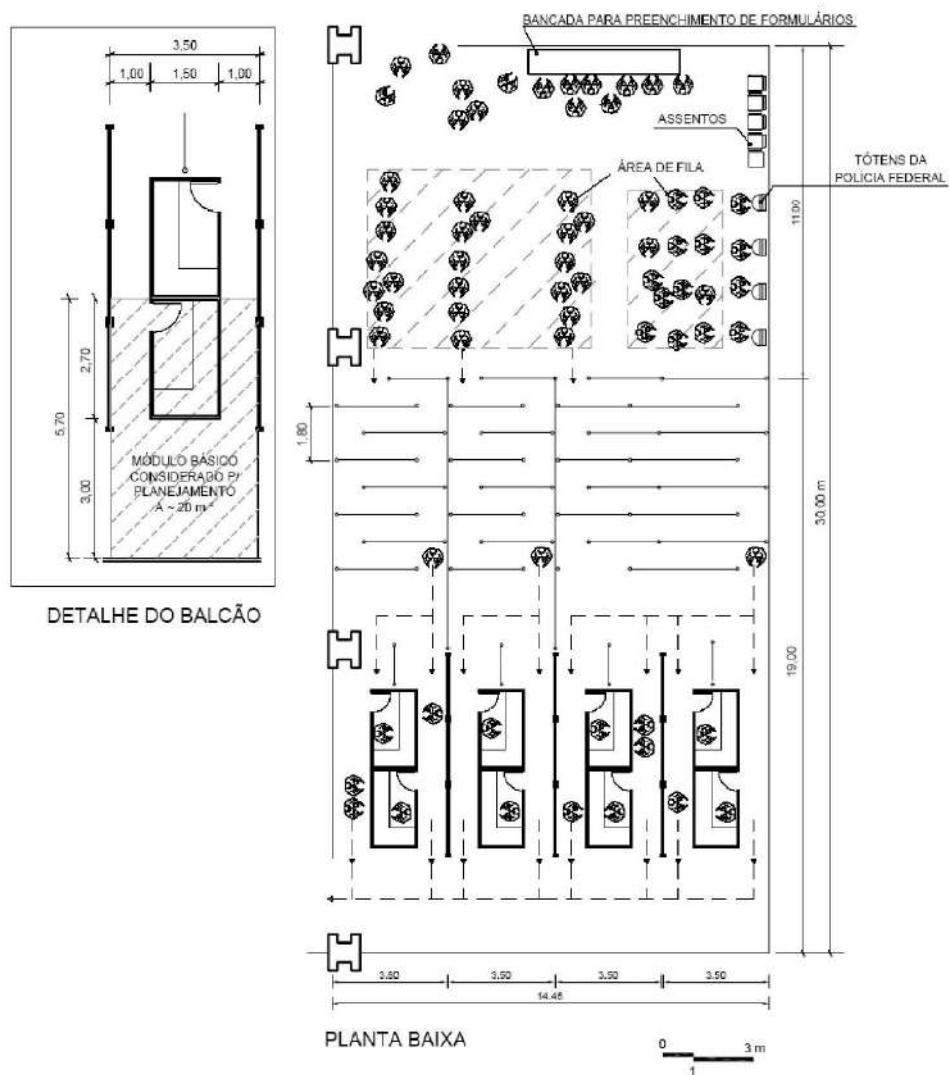


FIGURA 17b
atualizada em (19-11-07)



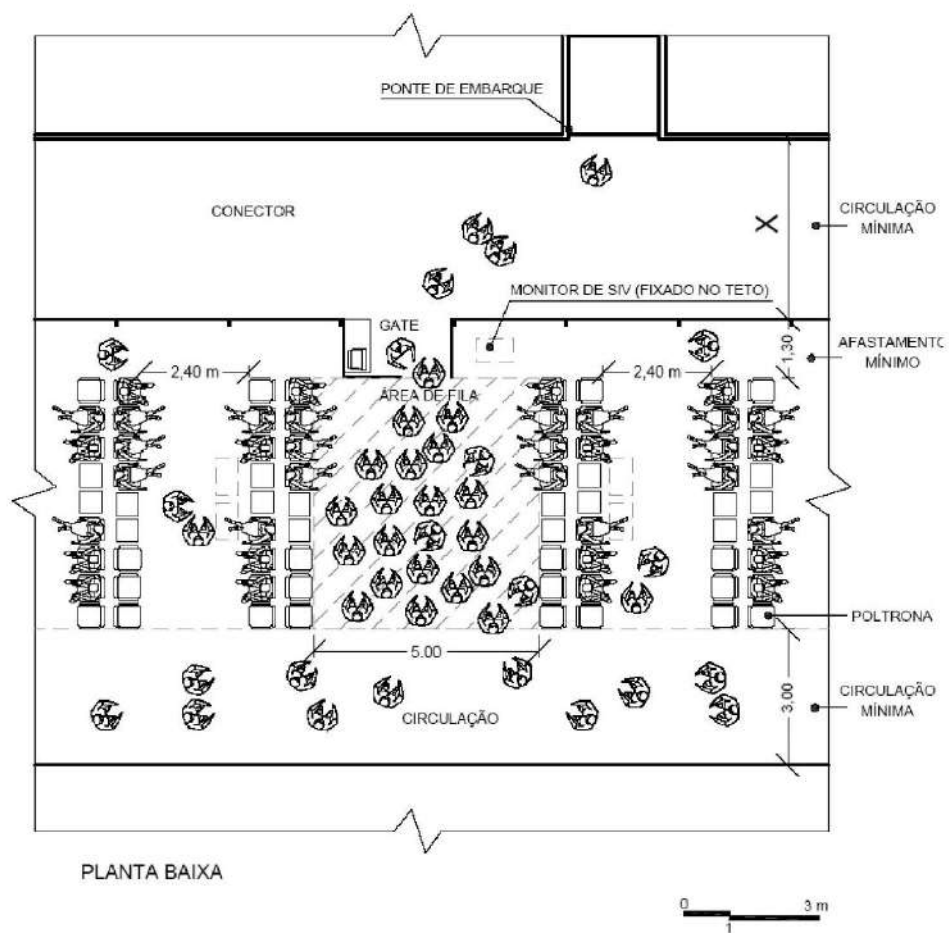
EXEMPLO DE ÁREA PARA INSPEÇÃO / VISTORIA DE
SEGURANÇA - BAGAGEM DE MÃO E PASSAGEIRO
(2 CONJUNTOS DE EQUIPAMENTOS DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA)
(E 4 ÁREAS PARA REVISTA COM RAQUETE)

FIGURA 18
atualizada em (17-11-06)



EXEMPLO DE ÁREA PARA INSPEÇÃO DE PASSAPORTE
(ÁREA DE FILA E BALCÃO)
POLÍCIA FEDERAL

FIGURA 19
atualizada em (27-08-07)

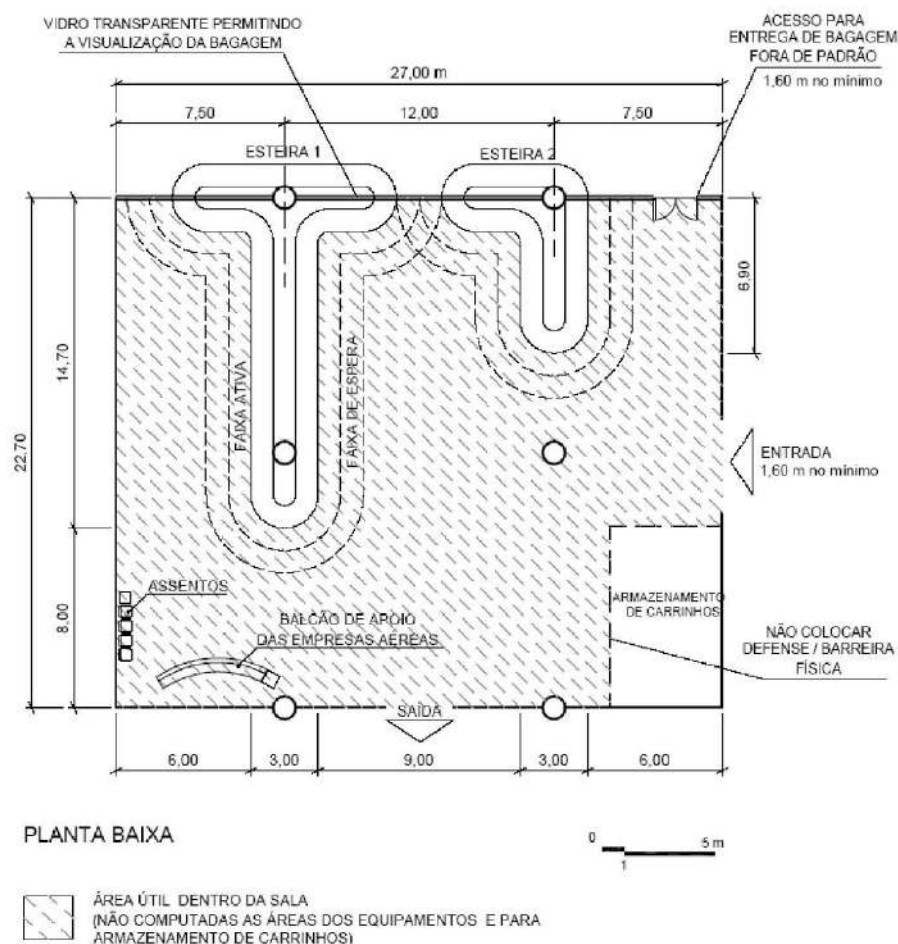


X = 4,0 m para aeroportos com movimento de passageiros entre 1.000.000 a 9.999.999 pax/ano

X = 5,0 m para aeroportos com movimento de passageiros acima de 10 milhões pax/ano

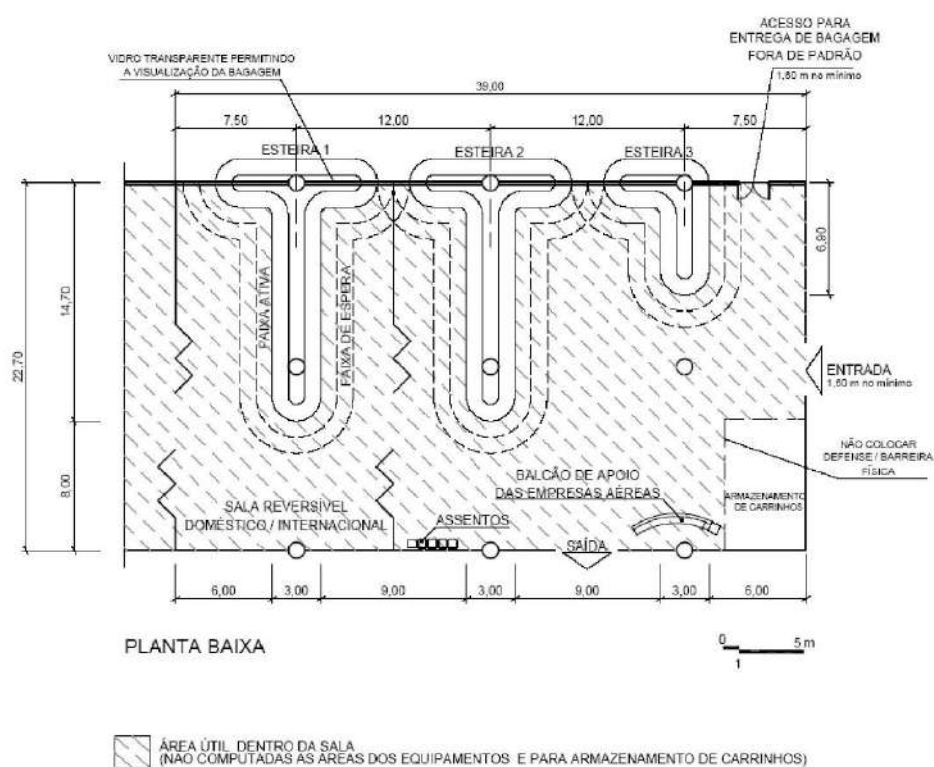
EXEMPLO DE DISPOSIÇÃO DE MOBILIÁRIO
EM SALA DE EMBARQUE
(DIMENSÕES MÍNIMAS)

FIGURA 20
atualizada em (29-11-06)



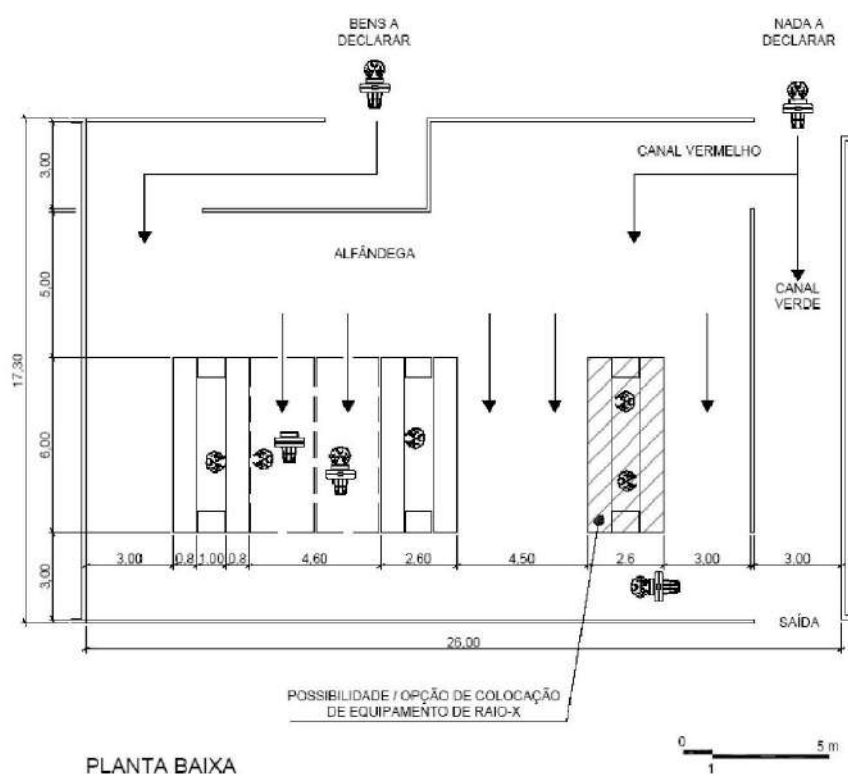
EXEMPLO DE SALA DE DESEMBARQUE (RESTITUIÇÃO DE
BAGAGEM) / ESTEIRA DE RESTITUIÇÃO DE BAGAGEM

FIGURA 21
atualizada em (29-11-06)



EXEMPLO DE SALA DE DESEMBARQUE (RESTITUIÇÃO DE BAGAGEM) /
COM SALA REVERSÍVEL / ESTEIRA DE RESTITUIÇÃO DE BAGAGEM

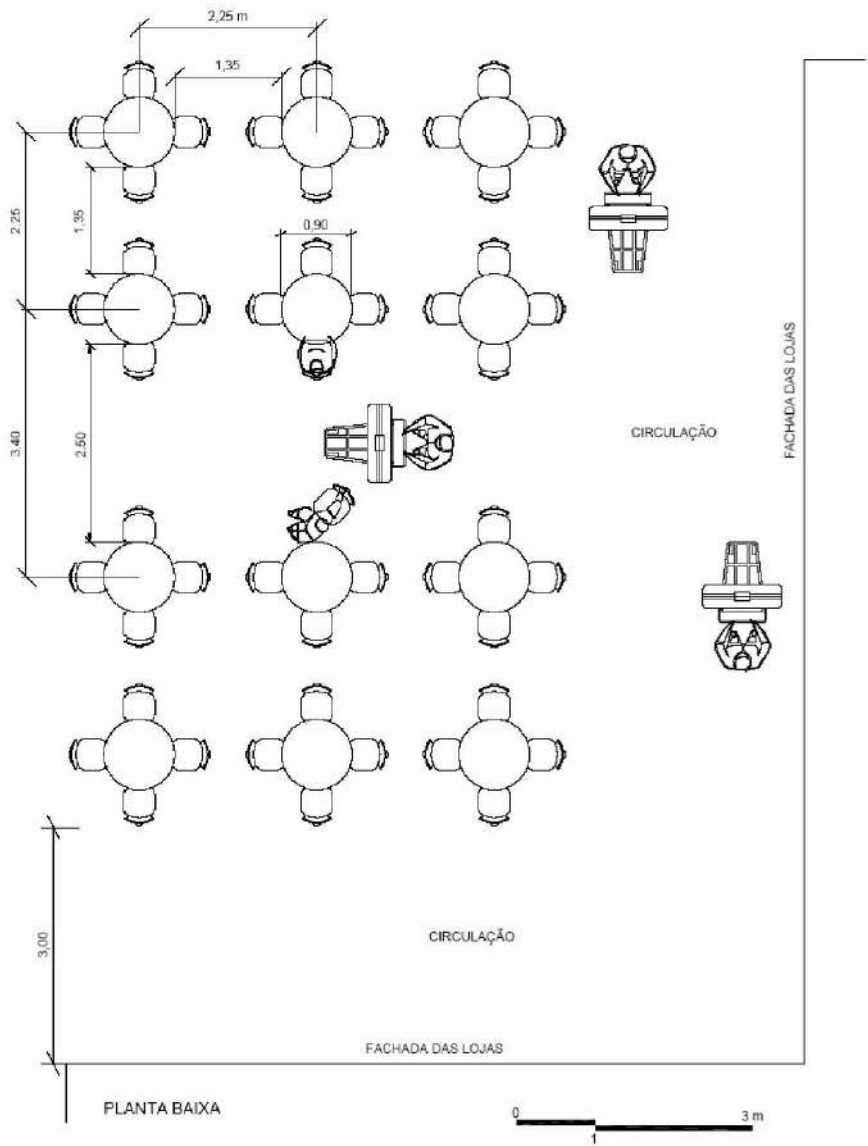
FIGURA 22
atualizada em (20-09-06)



PLANTA BAIXA

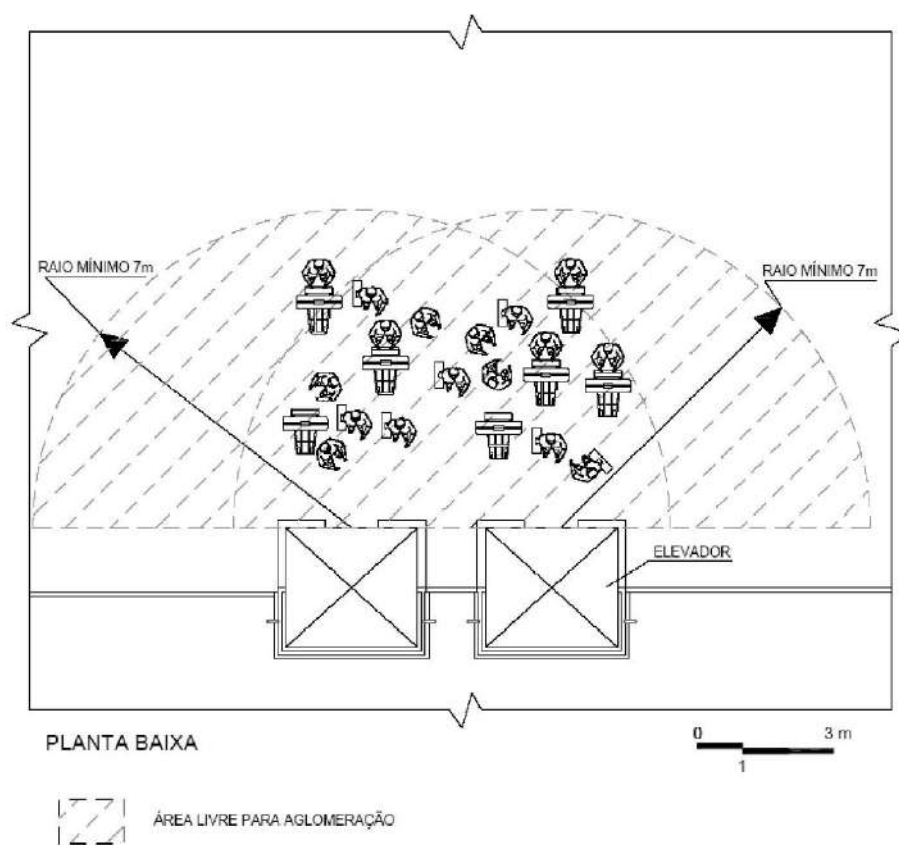
EXEMPLO DE ALFÂNDEGA / VISTORIA DE BAGAGEM
RECEITA FEDERAL

FIGURA 23
atualizada em (20-09-06)



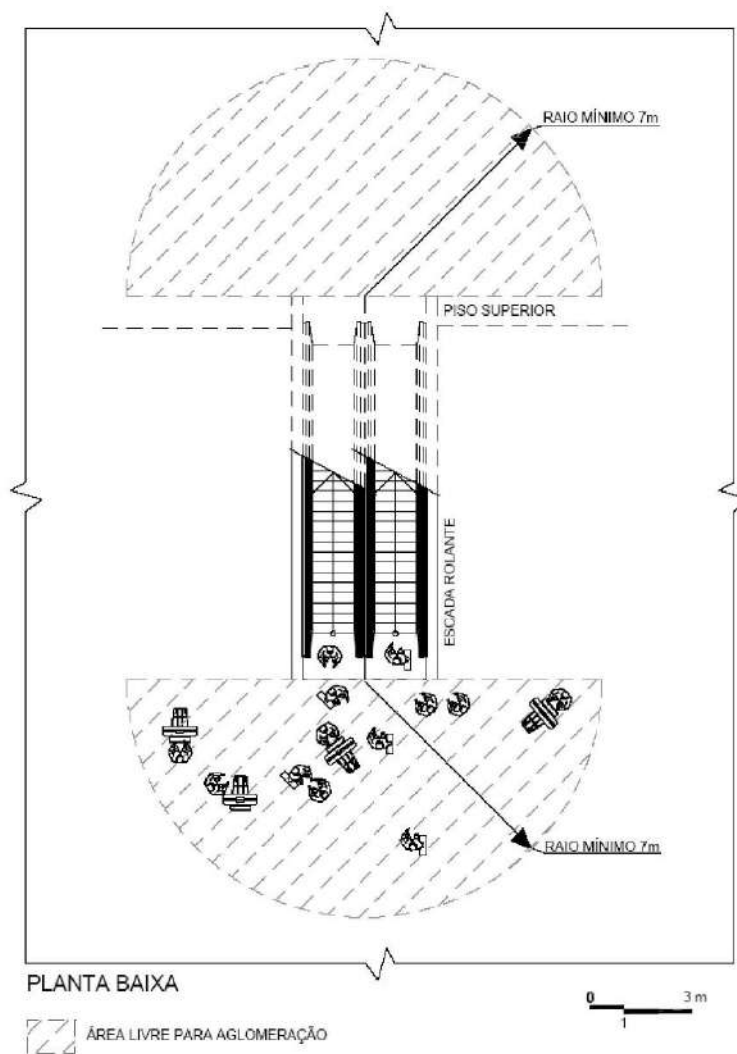
EXEMPLO DE ESPAÇAMENTO ENTRE AS
MESAS DA PRAÇA DE ALIMENTAÇÃO

FIGURA 24
atualizada em (20-09-06)



EXEMPLO DE ÁREA LIVRE EM FRENTE AOS ELEVADORES
(ÁREA LIVRE DE OBSTÁCULOS PARA AGLOMERAÇÃO
DE PESSOAS E CARRINHOS DE BAGAGEM)

FIGURA 25
atualizada em (20-09-06)



EXEMPLO DE ÁREA LIVRE
EM FRENTE ÀS ESCADAS ROLANTES
(ÁREA LIVRE DE OBSTÁCULOS PARA AGLOMERAÇÃO DE PESSOAS)

3. NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

- Práticas SEAP – item 04.01.
- 'Airport Development Reference Manual', da 'International Air Transport Association' (IATA);
- Anexo 14 ("Aeródromos") da Convenção de Chicago, da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI);
- Manual de Projetos de Aeródromos, da OACI (código OACI: 9157);
- Manual de Planejamento de Aeroportos, da OACI (código OACI: 9184);
- Portaria n ° 1.141/GM-5, de 08/12/1996, do Ministério da Aeronáutica;
- Norma de Serviço 2508-0796, de 01/07/1996, do DAC
- Demais normas do Ministério da Aeronáutica;
- Normas do Corpo de Bombeiros da localidade do empreendimento;
- Normas das concessionárias de serviços públicos (de suprimento de eletricidade, telecomunicações e água e de esgotamento sanitário e coleta de lixo.);
- Normas da ABNT;
- Circulares Normativas (CN) da INFRAERO;
- 'Standard on Aircraft Fueling Ramp Drainage', da 'National Fire Protective Association' (NFPA), dos EUA (código NFPA:415);
- 'Standard on construction and Protection of Airport Terminal Buildings', da NFPA (código NFPA: 416);
- 'Standard on construction and Protection of Airport Loading Walkways', da NFPA (código NFPA: 417);
- Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo.
- Demais normas estrangeiras pertinentes na inexistência de normas nacionais correspondentes.