



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

HELENO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UMA
RESIDÊNCIA SITUADA NO CONDOMÍNIO
ALPHAVILLE CARUARU.**

HELENO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UMA
RESIDÊNCIA SITUADA NO CONDOMÍNIO ALPHAVILLE
CARUARU.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a disciplina **Trabalho de Conclusão de Curso 2**.

Área de concentração: Construção Civil
Orientador: Prof. Dr. José Moura Soares

Caruaru, Fevereiro / 2015

Catálogo na fonte:
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

S586c Silva Júnior, Heleno José.
Compatibilização de projetos de uma residência situada no condomínio Alphaville Caruaru. / Heleno José da Silva Júnior.. - Caruaru: O Autor, 2015.
92f.; il. : 30 cm.

Orientador: José Moura Soares
Monografia (Trabalho de Conclusão de curso) – Universidade Federal de Pernambuco, Engenharia civil, 2015.
Inclui referências bibliográficas

1. Edificações. 2. Construção - projetos. 3. Condomínio Alphaville Caruaru. I. Soares, José Moura (Orientador). II. Título.

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2015-004)

HELENO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UMA
RESIDÊNCIA SITUADA NO CONDOMÍNIO
ALPHAVILLE CARUARU.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE,
como requisito para a disciplina **Trabalho de
Conclusão de Curso 2**.

Área de concentração: Construção civil

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato
ALUNO APROVADO COM NOTA 9,0.

Caruaru, 06 de fevereiro de 2015.

Banca examinadora:

Prof. José Moura Soares
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Flávio Eduardo Gomes Diniz
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. Roberto Evaristo de Oliveira Neto
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Profa. Sylvana Melo dos Santos
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenadora da disciplina)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Jéssica Micaelly, aos meus pais, Marileide Belmiro e Heleno José, bem como a meu irmão Pedro Paulo, que sempre me apoiaram com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelo privilégio deste momento tão significativo e pelo amor e carinho sem limites.

Ao meu pai Heleno José, que doou sua vida e seu presente em prol do meu futuro, cujo amor e dedicação foram tão imensos. Sinto muito o senhor não estar presente neste momento, mas seu camarote é o melhor de todos, ao lado de Deus.

A minha esposa, noiva e namorada Jéssica Micaelly cujo amor, doçura e honestidade tornam meu amor ainda maior. Obrigado por ser minha companheira em todos os momentos, por me amar apesar dos meus defeitos e por me dar algo pelo que lutar.

A minha mãe Marileide Belmiro que me mostrou como se comportar diante das adversidades da vida, com muita alegria e perseverança. Sem a senhora, nada disso seria possível. A senhora deu um jeito, e agora estou aqui. Obrigado mãe.

Ao meu irmão Pedro Paulo, a quem tenho infinito amor. Obrigado pela admiração e companheirismo.

Ao professor D.Sc. José Moura Soares, por todas as orientações, correções e ensinamentos que foram de fundamentais importância para conseguir chegar até aqui e que levarei por toda vida. Obrigado também por ser um exemplo de ser humano, demonstrando ser um excelente pai e um grande amigo.

Agradeço a todos os professores por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Ao meu cunhado Ailton Santana, com você aprendi como a serenidade, a tolerância e o amor podem existir dentro de uma só pessoa.

A Lyneker Sousa, pelos ensinamentos de eficiência e produtividade, pela amizade verdadeira, pela paciência e pelas caronas.

A Alex Anselmo, por quem desenvolvi imensa amizade. Obrigado por me deixar seguro sabendo que podia sempre recorrer a sua pessoa.

A Thomas Fernandes, Wendell José e Danilo Cabral por serem os excelentes amigos de sempre.

À Universidade Federal de Pernambuco Campus Agreste, pela oportunidade de fazer o curso.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

A todos os profissionais que fazem parte da administração do Condomínio Alphaville Caruaru, pela disponibilização do material necessário a realização deste trabalho.

RESUMO

O grande crescimento do mercado da construção civil, ocorrido nos últimos anos, aumentou a demanda por projetos que possam trabalhar de forma integrada entre si. A integralização dos projetos com a consequente minimização dos custos, dos imprevistos e do tempo de execução é objeto deste trabalho. Foi aplicada a metodologia da compatibilização de projetos em uma obra de residência unifamiliar executada no Condomínio Alphaville Caruaru. A qualidade global de um empreendimento resulta da soma de três componentes: planejamento, projeto e execução da obra. No Brasil o processo de projeto ainda é desenvolvido de forma não planejada, segmentada e sequencial, sem uma visão abrangente e integrada do binômio projeto/execução. O objetivo principal do presente trabalho é trazer à tona o procedimento de compatibilização de projetos, tornando-o assim mais difundido. Procurou-se incluí-lo como uma etapa da Engenharia Simultânea. Os projetos elétrico, estrutural e hidrossanitário foram refeitos utilizando um pacote de *softwares* da empresa AltoQi. Algumas etapas de pré-dimensionamento fizeram uso de tabelas auxiliares e normas da ABNT. A superposição das plantas e cortes foi feita no AutoCAD 2014, fazendo uso do *software* QiCad no processo de exportação para o formato de leitura padrão (.dwg). Os resultados foram discutidos em regiões horizontais e verticais. A maioria das incompatibilidades apresentou-se como interferências físicas entre componentes de cada projeto. Os projetos foram atualizados pelas diversas soluções propostas a cada incompatibilidade. Ficou demonstrado que o procedimento aplicado evita problemas como o aumento de retrabalho, atrasos no cronograma de execução e falhas na qualidade da edificação, que frequentemente conduzem acréscimo dos custos das obras.

Palavras-chave: Compatibilização. Projeto. Edificação.

ABSTRACT

The great growth of the civil construction market occurred in recent years, increased the demand for projects that may work integrated with each other. The integration of the projects with the consequent minimization of costs, the unforeseen and the runtime is the object this work. Was applied the methodology of project compatibilization in a construction of a single-family residence executed in Alphaville Caruaru. The overall quality of a project results from the sum of three components: planning, design and job execution. In Brazil, the design process still developed in an unplanned way, segmented and sequential, without a comprehensive and integrated view of the binomial design / implementation. The main objective of this paper is to make the project of compatibilization procedure most widely used, included as a stage of Concurrent Engineering. The electrical, structural and sanitary system projects have been remade using a software package from the AltoQi Company. Some preliminary design stages made use of auxiliary tables and ABNT standards. The Overlapping of the building documents and sections were done in AutoCAD 2014, making use of QICad software in the export process to the default reading format (.dwg). The results have been discussed in horizontal and vertical regions. Most incompatibilities introduced himself as physical interference between components of each project. The projects were updated by the various proposed solutions to each mismatch. It was demonstrated that the procedure applied avoids problems such as increasing of rework, delays in implementation schedule and gaps in the quality of the construction, which often leads to an increase in the building costs.

Keywords: Compatibilization. Project. Building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases.....	22
Figura 2	Mudança do modelo caixa preta para o modelo caixa transparente.....	26
Figura 3	Responsabilidades do coordenador de projeto.....	30
Figura 4	Fotografia real da residência.....	33
Figura 5	Planta baixa Alphaville Caruaru	34
Figura 6	Pavimento térreo da residência.....	35
Figura 7	Eletrodutos acomodados entre a região do gesso e da laje	41
Figura 8	Ponto de origem cartesiana adotado nos projetos.....	42
Figura 9	Janelas do programa Hydros: (a) Detalhe isométrico; (b) Detalhe sanitário; (c) Janela principal.....	44
Figura 10	Eletroduto representado na forma curva.....	48
Figura 11	Pórtico 3D da residência: (a) Vista da escada; (b) Estrutura completa.....	54
Figura 12	Plantas elétrica e estrutural sobrepostas.....	55
Figura 13	Cruzamento de eletroduto com viga: (a) Foto real da residência; (b) Situação vista em planta.....	56
Figura 14	Sobreposição entre ponto de luz e viga: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.....	57
Figura 15	Cruzamento da viga V3 e do alimentador elétrico visto em planta.....	57
Figura 16	Arandela e eletroduto instalados em pilar P3: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.....	58
Figura 17	Incompatibilidades entre pilar P5, caixa de passagem e eletroduto.....	59
Figura 18	Solução adotada.....	60
Figura 19	Tomadas instaladas em pilares: (a) Região do pilar P15; (b) Região do pilar P25.....	60
Figura 20	Soluções adotadas: (a) Região do pilar P15; (b) região do pilar P25.....	60
Figura 21	TUE do ar-condicionado instalado no pilar P11: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.....	61
Figura 22	Caixa de passagem instalada no pilar P5: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.....	62
Figura 23	Eletrodutos cruzando pilares P23 e P24: (a) Incompatibilidades; (b) Solução adotada.....	62

Figura 24	Proximidade entre o coletor predial e o alimentador predial: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.....	64
Figura 25	Sobreposição dos projetos sanitário e estrutural.	65
Figura 26	Abertura prevista anteriormente a concretagem.	67
Figura 27	"Boneca" executada no banheiro social da residência.	68
Figura 28	Local de instalação de um tubo de queda.	68
Figura 29	Coluna de ventilação CV-2 dentro do pilar P15: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.	69
Figura 30	Coluna de ventilação CV-3 instalada em pilar P5: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.	70
Figura 31	Colunas de ventilação CV-3 e CV-2 mostradas no pavimento superior: (a) Suíte das meninas; (b) Suíte master.	71
Figura 32	Soluções adotadas: (a) Suíte master; (b) Suíte das meninas.	71
Figura 33	Interferências entre eletroduto, caixa de passagem e alimentador predial: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.	72
Figura 34	Parede de alvenaria de tijlos cerâmicos.	74
Figura 35	Vistas de uma parede do banheiro de suporte à piscina: (a) Vista em planta; (b) Vista em corte.	75
Figura 36	Vistas de uma das paredes da área de serviço: (a) Vista em planta; (b) Vista em corte.....	76
Figura 37	Solução adotada.	76
Figura 38	Caixas de passagem elétricas sobrepostas a registro depressão da bacia sanitária: (a) Incompatibilidade vista em planta; (b) Incompatibilidade vista em corte; (c) Solução adotada.	77
Figura 39	Parede divisória dos banheiros das meninas e dos meninos: (a) Vista em corte; (b) Vista em planta.....	78
Figura 40	Solução adotada.	79
Figura 41	Alimentador predial instalado no pilar P7: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.	81
Figura 42	Vista em planta da Coluna de distribuição AF-1 instalada no pilar P6.	81
Figura 43	Vistas em corte da coluna de distribuição AF-1 sobreposta ao pilar P6: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.	82
Figura 44	Trecho de ramal atravessando pilar P15: (a) Incompatibilidade; (b) Solução proposta.....	83

Figura 45	Luminárias distribuídas no jardim frontal.....	84
Figura 46	Trecho de eletroduto interferindo fisicamente com elementos sanitários: (a) Incompatibilidades; (b) Solução proposta.....	85
Figura 47	Posição da coluna de ventilação CV-3 em relação à caixa de passagem elétrica.	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Percentual
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IF	Interferências Físicas
CAA	Centro Acadêmico do Agreste
cm	Centímetro
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
TQ	Tubo de Queda
CV	Coluna de Ventilação
P	Pilar
PE	Pernambuco
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativa	17
1.2 Motivação	17
1.3 Objetivos Gerais e Específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 O conceito de projeto e sua importância dentro da construção civil	19
2.2 O antigo e o novo paradigma da construção civil	23
2.3 O processo de compatibilização de projetos	27
3 METODOLOGIA	33
3.1 A residência e sua localização	33
3.2 Projetos realizados	35
3.3 Softwares utilizados	36
3.4 Método de compatibilização	38
3.5 Elaboração dos projetos	41
3.5.1 Projeto hidrossanitário.....	43
3.5.2 Projeto elétrico.....	46
3.5.2.1 <i>Pontos de iluminação e tomada</i>	48
3.5.2.2 <i>Número de pontos de tomada</i>	48
3.5.2.3 <i>Número de pontos de luz</i>	50
3.5.2.4 <i>Potências atribuíveis aos pontos de tomada</i>	50
3.5.2.5 <i>Potências atribuíveis aos pontos de luz</i>	50
3.5.2.6 <i>Divisão da instalação</i>	51
4 RESULTADOS	55
4.1 Compatibilização dos projetos estrutural e elétrico	55
4.1.1 Regiões horizontais.....	56
4.1.1.1 <i>Região da cobertura do pavimento superior</i>	56

4.1.1.2 Região da cobertura do pavimento térreo	56
4.1.1.3 Região do solo natural	57
4.1.2 Regiões verticais	58
4.1.2.1 Região das paredes do pavimento superior	58
4.1.2.2 Região das paredes do pavimento térreo	61
4.2 Compatibilização dos projetos hidráulico e sanitário	63
4.2.1 Regiões horizontais.....	63
4.2.2 Regiões verticais	64
4.3 Compatibilização dos projetos estrutural e sanitário	64
4.3.1 Regiões horizontais.....	65
4.3.2 Regiões verticais	67
4.3.2.1 Pavimento térreo	69
4.3.2.2 Pavimento Superior	70
4.4 Compatibilização dos projetos hidráulico e elétrico.....	71
4.4.1 Regiões horizontais.....	72
4.4.2 Regiões Verticais	73
4.4.2.1 Pavimento térreo	74
4.4.2.2 Pavimento superior.....	78
4.5 Compatibilização dos projetos hidráulico e estrutural	79
4.5.1 Regiões horizontais.....	80
4.5.2 Regiões verticais	80
4.6 Compatibilização dos projetos sanitário e elétrico	83
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

Devido a grande expansão do mercado da construção civil, ocorrida nos últimos anos, houve um aumento significativo na demanda por projetos que possam, não apenas cumprir requisitos básicos como os de segurança e economia, mas também trabalhar de forma integrada entre si. Na situação atual do mercado de projetos no país, há a necessidade da efetivação de ações que possam contribuir para a solução do problema crônico da falta de eficiência do setor. Segundo Callegari e Barth (2007), a compatibilização de projetos tem sido apontada como uma das principais maneiras organizacionais no mercado dos escritórios de projetos, sendo reconhecida como uma das alternativas possíveis para a melhoria dos produtos e serviços no setor de projetos.

O Projeto é definido como descrição gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de Engenharia ou Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, legais e financeiros (ABNT NBR 5674 (1999)). O projeto, dito como um documento é uma expressão física do conjunto de atividades necessárias à execução de uma obra de engenharia. Nesta esfera, seu uso é imprescindível devido a grande quantidade de informações que, confere à atividade, um alto grau de complexidade. Segundo Prochnow e Schäffer (2001), o projeto se torna uma ferramenta de trabalho, um instrumento gerencial, um ponto de convergência de pessoas.

Melhado (1995) ressalta que na compatibilização, os projetos de diferentes especialidades são superpostos para verificar as interferências entre eles, e os problemas são evidenciados para que a coordenação possa agir e solucioná-los. A integralização dos projetos com a conseqüente minimização dos custos, dos imprevistos e do tempo de execução é objeto do processo de compatibilização. Busca-se também a otimização da utilização de materiais, tempo e mão-de-obra, bem como das posteriores manutenções. A execução da obra fica bem mais facilitada quando os projetos encontram-se compatibilizados.

Este trabalho aplicou a metodologia da compatibilização de projetos em uma obra de residência unifamiliar executada no Condomínio Alphaville Caruaru. A obra já executada não teve seus projetos integrados. Imagina-se que a consideração da compatibilização dos projetos certamente resultará em ganho econômico entre a situação atual da obra executada e a teórica, aqui desenvolvida, uma vez que serão evitados diversos imprevistos. Deve ser frisado ainda

que, o presente trabalho, produz resultados de caráter qualitativo que evidenciam os benefícios da metodologia aplicada.

1.1 Justificativa

A construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados. A indústria da construção promove incrementos capazes de elevar o crescimento econômico. No Brasil, este setor retomou nos anos recentes o seu importante papel na receita do desenvolvimento. Após décadas de baixo investimento em infraestrutura e em habitação, o país reencontrou sua rota de progresso.

A busca por melhorias na área é, então, algo que deve ser constantemente procurado. Os projetos são uma parte essencial do processo construtivo, tendo grande influência na eficiência do mesmo. A compatibilização de projetos representa uma grande melhoria para a área, podendo evitar consequências negativas, tais como, aumento de retrabalho, atraso no cronograma de execução e falhas na qualidade da edificação, que frequentemente conduzem a acréscimo dos custos das obras.

1.2 Motivação

Uma característica da construção civil no Brasil é a pouca absorção de novas tecnologias que poderiam representar grande aumento da eficiência da área. Este fato torna este setor inerte a avanços e prejudica seu desenvolvimento. É responsabilidade dos profissionais que a compõem tentar mudar esta realidade. O presente trabalho representa uma tentativa neste sentido, pois, tem seu foco em uma nova técnica pouco difundida na construção civil, que é a análise da compatibilização de projetos.

1.3 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo deste trabalho é tornar mais difundido e rotineiro o processo de compatibilização de projetos, apresentando as melhorias que resultam de seu uso em uma residência unifamiliar da região.

Objetivos específicos são:

- Elaboração dos Projetos Complementares: Projeto de Instalações Elétricas, Projeto de Instalações Hidráulicas, Projeto de Instalações Sanitárias, Projeto de Estrutura de concreto;
- Superposição dos diversos projetos, com vistas a auxiliar na verificação da compatibilidade entre os mesmos;
- Recomendações e procedimentos para realização de boa compatibilização entre projetos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O conceito de projeto e sua importância dentro da construção civil

Segundo Stukhart (1987), o termo projeto pode ser definido como a criação de desenhos e especificações que resultam na alocação de recursos para realizar um empreendimento. Brasil (1994), a Comissão de Especialistas em Arquitetura e Urbanismo da Secretaria de Ensino Superior do MEC conceitua o termo “desenho” como aglutinante das habilidades e domínio da geometria, de suas aplicações e de outros meios de expressão e representação, tais como perspectiva, modelagem, maquetes, modelos e imagens virtuais.

Muitas vantagens, referentes à representação gráfica do projeto, estão diretamente relacionadas ao uso de softwares. Podem ser citadas melhorias como um menor tempo de produção e edição desses desenhos, um menor número de pessoas intimamente ligadas ao projeto, qualidade de traçado e alta precisão. De acordo com Novaes (1998), o uso desses recursos computacionais experimentou um grande crescimento a partir do início da década de 90, quando, a maioria das instituições de ensino de Engenharia e Arquitetura, por uma exigência imposta pelo mercado em sensível mutação, se sentiu obrigada a reformular suas grades abrangendo conhecimentos mais específicos relacionados à informática aplicada à construção civil. Hoje, é de notória utilização na área de projetos, cada vez mais utilizados em outras frentes, como a de suprimentos, planejamento e na integração das áreas (Estrutura, Instalações, Vedações), o chamado projeto Colaborativo.

Entretanto, não podemos esquecer que o projeto não pode ser encarado apenas como um “desenho”, mas como um processo, no caso, a atividade de construir (MELHADO, 1998). Novaes (2000) ressalta a distinção entre dois conceitos para projeto. Um estático, referente ao projeto como um produto, constituído por elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados de acordo com linguagem apropriada, destinado a atender às necessidades da etapa de produção. E outro, dinâmico, que confere ao projeto um sentido de processo, através do qual as soluções são elaboradas e necessitam ser compatibilizadas. O primeiro revela seu caráter tecnológico, enquanto o segundo revela suas características gerenciais.

Sob a ótica de produto, o projeto se relaciona com o atendimento dos aspectos mercadológicos como as tipologias do edifício/unidades, definição dos equipamentos/serviços dos ambientes coletivos e privativos; flexibilidade de opções de planta e/ou acabamentos; especificação de materiais e dos equipamentos dos sistemas prediais; exigências de desempenho; etc.;

Visto como parte constituinte de um sistema de produção, o projeto está relacionado à solução de aspectos técnico-construtivos, como a seleção das normas técnicas aplicáveis; a seleção tecnológica dos subsistemas construtivos; a resolução das interfaces entre subsistemas construtivos, entre as diversas disciplinas de projeto e/ou entre os agentes envolvidos; a consideração, no desenvolvimento dos projetos, das tecnologias construtivas dominadas pelo construtor; etc.

Um produto deve ter seu projeto desenvolvido em etapas bem definidas, que irão ocorrer de forma paralela ou sequencial. Para Melhado (1994), o processo de projeto é composto por diferentes atividades ou fases e segue etapas conceitualmente progressivas, aonde, a liberdade de decisão entre as alternativas vai sendo gradativamente substituída pelo detalhamento das soluções adotadas. Segundo Souza (1995), as etapas de projeto de uma edificação são partes sucessivas em que pode ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de projeto. Vanni (1999) traz as características das etapas básicas de um projeto.

A etapa conhecida como anteprojeto deve ser desenvolvida a partir do estudo preliminar aprovado pelo cliente e empreendedor. Trata-se da representação preliminar da solução adotada para o projeto, em forma gráfica, e das especificações técnicas. Este estudo é apresentado em desenhos sumários, em número e escala suficientes para perfeita compreensão, por parte do responsável pelo empreendimento. Nesta etapa devem ser considerados aspectos de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural e de fundação e concepção dos sistemas de instalações prediais, sobretudo as instalações especiais. Deve conter informações técnicas que permitam a avaliação da qualidade do projeto e uma primeira avaliação de custo da obra. Deve ser apresentado pelo arquiteto, podendo sofrer alterações pelos clientes e projetistas das diversas áreas, inclusive projetistas específicos apoiados pelo grupo de projeto para produção.

Na etapa do projeto legal, são coletadas informações para análise e aprovação do projeto pelas autoridades competentes dos órgãos públicos, de acordo com as exigências legais (municipais e estaduais), com a finalidade de obter as licenças e os alvarás para a comercialização e execução das obras. Deve ser elaborado pelo escritório de arquitetura e pelos projetistas complementares, principalmente o projeto de combate a incêndio, no caso de aprovação de projetos. Seu encaminhamento às vezes se dá pela construtora.

O projeto executivo é uma etapa destinada à concepção e à representação final do conjunto de informações técnicas da edificação, completas, definitivas e suficientes à licitação, execução e orçamento das atividades de construção correspondentes. Os desenhos

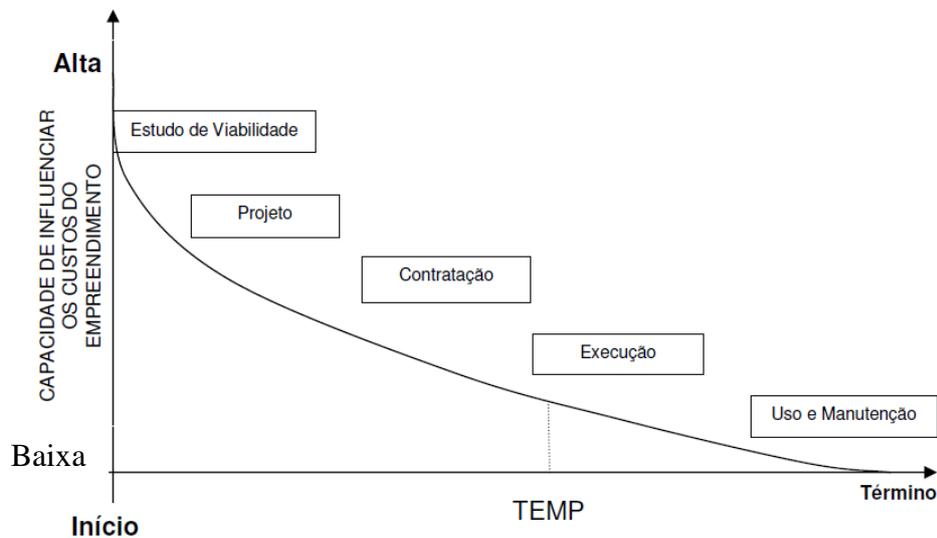
são apresentados em escala conveniente, contendo todas as informações necessárias para sua execução. Deve ser elaborado pelo escritório de arquitetura e pelos projetistas complementares e específicos com responsabilidade de atividades técnicas a serem executadas na obra.

O mesmo autor ressalta, ainda, uma etapa relativamente nova, cujo sentido está diretamente relacionado ao projeto como um sistema integrante do processo produtivo. O projeto para produção tem seu conteúdo voltado para o apoio das atividades de planejamento e execução da obra, desenvolvido por uma equipe multidisciplinar. É o conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao projeto de detalhamento, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora (MELHADO, 1998). A responsabilidade pela sua elaboração é do arquiteto, do representante do empreendedor, do coordenador de projeto, dos projetistas de todas as áreas e do grupo de projeto para produção.

O projeto é encarado ainda como fase constituinte do desenvolvimento de uma obra de construção civil. Segundo Fontenelle e Melhado (2002), a importância da fase de projeto tem sido ressaltada por muitos autores e pesquisadores ligados ao setor da construção de edifícios em todo o mundo em função dela estar diretamente ligada à concepção inicial do produto, com reflexos diretos em todas as etapas subsequentes de seu processo de produção. Durante o processo de produção de edificações, as etapas de planejamento e projeto, além de representarem baixos custos acumulados, apresentam maiores possibilidades de interferências, seja quanto à definição das características finais dos produtos, seja quanto aos custos totais de produção. Pesquisas realizadas em vários países da Europa, no sentido da apropriação de dados relativos às incidências e causas de falhas em edifícios, indicam que 35% a 50% das falhas têm origem na etapa de projeto, enquanto 20% a 30% têm origem na execução, 10% a 20% nos materiais, e 10% devido ao uso (CALAVERA RUIZ, 1990).

Para exemplificar, pode-se citar que, segundo Ragatz, et al (1997), de 75% a 85% do total do custo de um produto, em todo seu ciclo de vida, é determinado nos estágios iniciais do seu projeto. Hammarlund e Josephson (1991), afirmam que, as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são aquelas com maior capacidade de influenciar na redução dos custos de falhas do edifício. A Figura 1 evidencia a capacidade de influência da fase de projeto nos custos do empreendimento.

Figura 1 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo de suas fases.



Fonte: Construction Industry Institute, 1987.

Para Ferreira (1994), o projeto é o “carro-chefe” de qualquer racionalização. É o ponto onde se deve parar para analisar uma série de características do processo, de forma a obter sucesso pleno. A qualidade do projeto revela-se, então, como algo essencial dentro da indústria da construção civil, que é tratada no presente trabalho. A qualidade do projeto compreende a verificação da conformidade das soluções adotadas, compatibilizadas e analisadas criticamente, durante o processo de elaboração e coordenação de projetos.

Segundo Vanni (1999), quando se fala em qualidade na construção civil, muitas pessoas se lembram das condições técnicas precárias de um canteiro de obras e, também, da falta de preparo dos trabalhadores. Poucos sabem que essas características representam somente uma parte das dificuldades enfrentadas. Em todo o mundo, até mesmo em países desenvolvidos, observa-se que os maiores problemas em relação à qualidade são provenientes de falhas em projeto. Sendo que nesses países o tempo gasto para elaborar um projeto, normalmente, é o mesmo para executar a obra. A mesma autora menciona ainda que o grande problema que está ocorrendo atualmente, ocasionando a falta de qualidade nas empresas construtoras e incorporadoras de construção civil, é a improvisação de algumas etapas que são resolvidas “in loco” resultantes da dissociação entre o projeto e a execução.

Em nenhuma outra indústria importante a responsabilidade pelo projeto se afasta tanto da responsabilidade pela construção. No entanto, o construtor não se envolve antes da concorrência, atuando sobre projetos detalhados e sem colaborar para a sua elaboração (POCOCK et al., 1997). Não só o construtor, como também projetistas de áreas diferentes. O

fato de que os membros das equipes são, em muitos casos, estranhos uns aos outros, em termos individuais e empresariais, não é insignificante. Os projetistas desejam geração imediata e contínua de receita, reconhecimento e emprego mínimo de recursos; e os construtores procuram meios e métodos viáveis, um cronograma factível e uma rentabilidade adequada. A divergência de objetivos pode induzir a falta de cooperação.

2.2 O antigo e o novo paradigma da construção civil

Muitos dos problemas relacionados à falta de qualidade em edificações têm, como causa principal, a falta de qualidade no processo de projeto que, normalmente, é desenvolvido de forma não planejada, segmentada e sequencial, sem uma visão abrangente e integrada do binômio projeto/execução, e com evidente ausência de interação e comunicação entre os diversos agentes envolvidos. Estes agentes são as construtoras e incorporadoras brasileiras. Esse modelo de desenvolvimento de projetos está cada vez mais ultrapassado porque diminui a qualidade do mesmo. Segundo Novaes (1998), essa antiga concepção a respeito do tema, pode induzir a erros e a custos adicionais, devido a omissões verificadas no detalhamento dos projetos ou a incompatibilizações entre a concepção e o detalhamento; entre soluções de projetos distintos, ou de um mesmo projeto; ou ainda entre os projetos e a produção das edificações, podendo levar a que decisões sejam tomadas, indevidamente, durante a obra, em detrimento da qualidade do produto e da eficácia do processo. Dessa maneira, devem ser evitados projetos desenvolvidos de forma isolada, sem coordenação e sem o devido relacionamento e comunicação entre seus autores.

Segundo Picchi (1993), nos outros setores, construção pesada e montagem industrial, já existem sistemas de qualidade funcionando há algum tempo, por exigência de contratantes. No Brasil ainda se constrói de forma irracional, com grandes desperdícios, mas nos últimos anos tem-se notado uma evolução quanto aos novos sistemas construtivos. Para o mesmo autor, a cultura vigente na construção civil prima por uma acomodação com nível atual, que se baseia em coisas do tipo: “a construção é isso mesmo, a construção não é uma indústria, o desperdício existe mesmo”. Porém, já se faz real a perspectiva de mudança definitiva desta mentalidade dentro do setor. A qualidade global de um empreendimento resulta da soma de três componentes: planejamento, projeto e execução da obra. Deve-se considerar que a não-qualidade é muitas vezes mais importante em fases anteriores do processo de construção.

Segundo Novaes (1998), Em resposta à necessidade de modernização tecnológica e organizacional do setor, têm sido empregados predominantemente processos construtivos

tradicionais, para os quais, a incorporação da racionalização construtiva, por não exigir pesados investimentos iniciais em equipamentos e instalações, resulta como alternativa à industrialização dos processos construtivos, em geral, caracterizada por pré-fabricação e por elevados níveis de mecanização. Inserido nesse processo de melhoria na produção de edificações, o processo de projeto deve ter sua importância reconhecida. Assim torna-se imperiosa a utilização de metodologias e técnicas capazes de proporcionar tais atributos a esse processo.

Uma solução amenizadora visa proporcionar um maior relacionamento entre todos os agentes importantes no processo de projeto, bem como: incrementar a utilização de novas tecnologias construtivas; analisar com cuidado os possíveis fornecedores de insumos e mão-de-obra; controlar o cumprimento dos prazos previstos de entrega de materiais e serviços; concentrar esforços visando envolver os responsáveis pelos projetos complementares nas decisões e discussões durante a execução da obra; e finalmente, efetuar um detalhamento minucioso dos projetos, facilitando a sua leitura e compreensão.

Atualmente, as empresas da construção civil começam a seguir uma tendência global, buscando, ainda que de forma incipiente, metodologias de gestão da qualidade do projeto, no sentido de modificar o modelo tradicional e garantir a qualidade de seus produtos e processos, e conseqüentemente a satisfação de seus clientes. Segundo Adesse e Melhado (2014), o setor da construção civil procura, cada vez mais, se adequar às exigências do mercado imobiliário, no que diz respeito às necessidades e a satisfação dos seus clientes e usuários, quanto à qualidade do produto a ser entregue. As empresas constataram que se tornou fundamental a utilização de critérios que assegurem a racionalização da obra e seu poder de construir, o que exige projetos adequados e harmônicos entre si. Nesta visão os projetos passam a ser valorizados como a "espinha dorsal" do processo de produção.

Vanni (1999) menciona que uma das características que tem se intensificado no processo de projeto nos últimos anos é o aumento do número de intervenientes necessários ao seu desenvolvimento, fruto tanto da maior especialização que acompanha o próprio avanço tecnológico, experimentado pela construção civil, como também, pela necessidade de aproximação do projeto das necessidades da fase de produção, via agregação de projetos especializados, para determinados subsistemas construtivos (projetos para produção). A mesma autora ressalta ainda que esses aspectos elevaram sobremaneira a complexidade desse processo, especialmente pela elevação do fluxo de informações e necessidade de maior integração e compatibilização entre todos esses intervenientes, em prazos cada vez mais curtos de desenvolvimento global, o que vem a exigir novas formas de gestão e coordenação

desse processo. A gestão do processo de projeto deve ser entendida, então, como o conjunto de ações envolvidas no planejamento (planificação), organização, direção e controle do processo de projeto numa empresa de incorporação e construção.

Num sentido amplo, poder-se-ia definir essa função de coordenação do processo de projeto como aquela responsável por operacionalizar, em um dado empreendimento, a gestão do processo de projeto (própria dos agentes envolvidos nesse processo). Entretanto, acredita-se que o entendimento desse conceito deva ser melhor detalhado e expresso também em termos dos meios e habilidades necessários, bem como dos objetivos e parâmetros balizadores da coordenação de projetos. Vanni (1999) conceitua a coordenação do processo de projeto como a função de cunho técnico-gerencial que operacionaliza, em um dado empreendimento, a gestão do processo de projeto, buscando integrar sinergicamente as necessidades, conhecimentos e técnicas de todos os intervenientes envolvidos nessa fase. Isso exige do gerenciador de projeto grande domínio sobre o fluxo de informações necessário em cada etapa, alto poder decisório e de resolução de conflitos em nome do empreendedor, objetivando-se uma solução geral e compatibilizada para o projeto e a máxima eficiência das etapas seguintes do processo de produção.

O planejamento gerencial tem sido apontado como uma das principais maneiras organizacionais no mercado dos escritórios de projetos. Também tem sido reconhecido como uma das alternativas possíveis para a melhoria dos produtos e serviços no setor de projetos. Baia (1998) salienta que com a ausência do gerenciamento constataram-se algumas dificuldades para a obtenção de melhorias na qualidade dos projetos de arquitetura, tais como: ausência de mecanismos para levantamento das necessidades dos clientes; excesso de retrabalho resultante de alterações no projeto por parte do contratante; ausência de coordenação entre os projetistas e postergação na elaboração de projeto de estruturas e sistemas prediais.

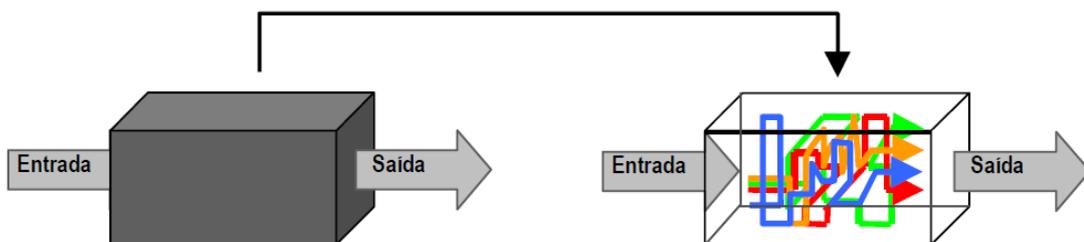
Outra metodologia que tem contribuído para a obtenção destes fatores é a Engenharia Simultânea (ES) que tem como objetivo integrar as várias etapas durante o processo de elaboração dos projetos de forma a eliminar os problemas antes da execução. Com a adoção da ES é normal haver uma alteração na estrutura organizacional da empresa por exigir a formação de equipes multidisciplinares, treinamento e motivação de pessoal, comunicação sistemática, alterações funcionais, parcerias, maior integração entre todos os participantes do processo executivo e inserção de novos métodos de procedimentos (FABRICIO & MELHADO, 1998). Segundo Hull et al. (1996) e Haddad (1996), praticar engenharia simultânea consiste em considerar as questões referentes às fases posteriores do

desenvolvimento de produto já nas fases iniciais deste processo. Sprague, Singh e Wood (1991) definem a engenharia simultânea como uma abordagem sistemática para o projeto de produtos e de processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Procura considerar todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde a concepção até o descarte, incluindo qualidade, custo, programação e requisitos dos usuários. Smith (1997) ressalta o fato desta ser uma filosofia de cooperação multifuncional no projeto de engenharia, a fim de criar produtos que sejam melhores, mais baratos e introduzidos no mercado mais rapidamente.

Alguns autores (FABRÍCIO *et al.* (1998) e ANDERY (2000)) que defendem a mudança das atuais formas de condução de projetos de edificações, acenam para: (i) a realização em paralelo de várias etapas do processo, em especial, o desenvolvimento integrado de projetos do produto e para produção; (ii) o estabelecimento de equipes multidisciplinares, formadas por projetistas, usuários e construtores, em especial os engenheiros de obras; (iii) uma forte orientação para a satisfação dos clientes e usuários; (iv) a padronização das formas de apresentação e documentação do projeto; (v) a adoção de procedimentos para coleta de dados durante a execução e após a entrega das obras, que torne possível a retroalimentação dos projetos. Ou seja, apontam para um novo paradigma na construção civil: o desenvolvimento integrado de edificações.

Este é o novo paradigma no qual se encontra a concepção de projetos no Brasil. Uma situação na qual os conceitos administrativos de gerenciamento, coordenação e planejamento gerencial, bem como, as novas metodologias como a engenharia simultânea, têm influencia direta na sua qualidade. Com esta nova realidade, busca-se, a exemplo de Silva (1998), passar do modelo “caixa preta”, onde não se consegue observar o modo operativo, para um modelo “caixa transparente”, no qual se pode observar e conhecer o modo de funcionamento, e conseqüentemente, aperfeiçoá-lo (Figura 2).

Figura 2 - Mudança do modelo caixa preta para o modelo caixa transparente.



Fonte: Silva (1998).

2.3 O processo de compatibilização de projetos

Define-se compatibilização como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra (SEBRAE, 1995). Novaes (1998) menciona que, dentre as ações a serem empreendidas no âmbito da coordenação de projetos, em reuniões periódicas realizadas em cada uma das fases que compõem o processo de projeto, envolvendo os agentes citados, destaca-se a compatibilização de soluções afins, presentes em projetos distintos, através da verificação de sobreposição e de identificação de interferências entre as mesmas. Para Callegari e Barth (2007) a compatibilização compõe-se em uma atividade de gerenciar e integrar projetos afins, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade da obra. Busca-se assim a otimização na utilização de materiais, tempo e mão-de-obra, bem como as posteriores manutenções. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas da edificação. A compatibilização de projetos tem como objetivo principal eliminar ou minimizar conflitos entre os projetos inerentes à determinada obra, simplificando a execução e otimizando a utilização de materiais e da mão-de-obra, bem como a subsequente manutenção.

Dessa forma, a compatibilização de projetos para os elementos construtivos, verticais e horizontais, dos edifícios tem por função principal a integração das soluções adotadas nos projetos de estrutura, instalações prediais, vedações, esquadrias, impermeabilização, contrapiso, etc., assim como, nas especificações técnicas para a execução de cada subsistema. Durante a elaboração dos projetos, a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficiência. Desta maneira, a elaboração de futuros projetos terá uma redução de incertezas construtivas. A análise das incompatibilidades entre os projetos possibilita a melhoria da qualidade do processo de projetos, através da sua adequação e eficácia, onde importantes ações corretivas são tomadas para o aperfeiçoamento e a melhoria contínua dos sistemas projetual e construtivo.

Vanni (1999) reforça que o enfoque do processo de compatibilização deve ser dado ao estudo e exame das diversas interferências entre os projetos necessários à execução de edificações, tais como: arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico, telefonia, ar condicionado, paisagismo, luminotécnica, incêndio, aterramento, etc. Dessa forma, a compatibilização de projetos é uma tarefa voltada à execução, e tem de ser considerada como intrinsecamente interligada a ela (YOUSSEF, 1994). Adesse e Melhado (2014), afirma, ainda,

que a compatibilização deve acontecer quando os projetos já estão concebidos, funcionando como uma “malha fina”, na qual possíveis erros possam ser detectados.

A compatibilização inicia com o projeto arquitetônico, não impedindo sua flexibilidade no desenvolvimento compatível com os demais projetos e serviços. A ação dos projetos superpostos e sua visualização espacial são ferramentas, por sua natureza, sistemática e detectora de possíveis futuros conflitos.

Pelo seu caráter de ação projetual que permite conciliar, física, geométrica, tecnológica e produtivamente, os componentes que interagem nos elementos construtivos horizontais e verticais das edificações. Segundo Frosh e Novaes (2000), estes programas são utilizados na maioria dos casos, como simples instrumentos na produção de desenhos eletrônicos e representações gráficas de modelos. Contudo, a utilização desses softwares, como ferramenta de compatibilização, integração, coordenação e readequação de projetos têm sido usada de forma extremamente escassa. E quando é usada, apresenta-se organizada sem parâmetros normalizados, pois eles até então não existem. Assim, acrescenta-se a esses tópicos, o fato que cada escritório de projetos sente-se à vontade em estabelecer e desenvolver critérios e rotinas próprias nas definições dos desenhos e arquivamento. A oratória de que projetistas estão trocando a sua prancheta de desenho por um computador e softwares de desenhos/projetos é passado. Atualmente, discute-se qual o melhor desempenho do usuário, solução integrada e viabilidade na compatibilização entre projetos eletrônicos.

A elaboração dos projetos deve ser permanentemente acompanhada pela coordenação de projetos, através de reuniões periódicas entre os integrantes da equipe de projeto, com vistas à compatibilização de soluções afins, presentes em projetos distintos, através da verificação de sobreposição e de identificação de interferências entre as mesmas.

Na fase de estudo preliminar, em que são lançadas as soluções básicas para cada projeto, a importância dessas reuniões é acentuada. Seja por propiciar, posteriormente, desenvolvimento harmônico do processo de projeto, pela possibilidade de identificação precoce de eventuais falhas ou incoerências entre soluções afins de projetos distintos, seja, conforme Hammarlund e Josephson (1991), pelos menores custos incorridos, nesta fase, para as eventuais correções que se fizerem necessárias.

Nas fases subsequentes do processo de projeto, novas necessidades de compatibilização entre as soluções propostas se apresentam, a partir da ampliação dos níveis de precisão obtidos no detalhamento das soluções construtivas, das composições e dos dimensionamentos de espaços e componentes.

A compatibilização para Santos (1998) é realizada através da ação projetual, com verificação da sobreposição e da identificação de interferências entre os elementos do projeto. Melhado (1995) ressalta que na compatibilização, os projetos de diferentes especialidades são superpostos para verificar as interferências, evidenciar os problemas para que o coordenador possa solucioná-los.

No que tange à Coordenação de Projetos, todos os profissionais envolvidos se sentem no dever e no direito de cuidar do assunto. Autores de projeto, incorporadores, gerentes técnicos de construtoras, engenheiros-residentes, engenheiros de projeto de estruturas, engenheiros de projeto de instalações, responsáveis pelo projeto para produção, responsáveis por suprimentos e até estagiários se sentem capacitados para exercer algum tipo de coordenação – e frequentemente, o fazem.

Segundo Adesse e Melhado (2014) a coordenação de projetos compreende um vasto conjunto de ações envolvidas no planejamento, organização, direção e controle do processo de projeto. Essa coordenação pode ser executada por um profissional específico, o Coordenador de Projetos, responsável por realizar e fomentar ações de coordenação, controle e troca de informações entre projetistas, para que os projetos sejam elaborados de forma organizada, nos prazos especificados e com cumprimento dos objetivos definidos.

Concretamente, quem cuida do cálculo estrutural de um prédio é o calculista; do projeto de elétrica é o projetista de elétrica e assim sucessivamente. Ou seja, cada função possui um profissional específico e capaz de cuidar do seu assunto. Ferreira (1994) afirma que o gerente é o tomador de decisões estratégicas, que o coordenador é quem operacionaliza a gerência; que o projetista é a figura que dimensiona de maneira focada e que a figura nova do processo é a do compatibilizador. Adesse e Melhado (2014) já mencionavam que essa coordenação deveria ser executada por um profissional específico, um coordenador de projetos, responsável por realizar e fomentar ações de coordenação, controle e troca de informações entre projetistas, para que os projetos sejam elaborados de forma organizada, nos prazos especificados e com cumprimento dos objetivos definidos.

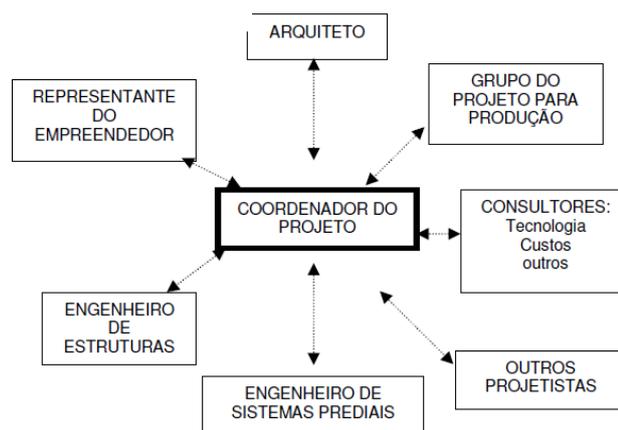
Segundo Melhado (1994), a equipe de caráter multidisciplinar, deve seguir a orientação do coordenador do projeto, o qual, ligado ao empreendedor, seguirá as diretrizes de projeto da empresa e estará atenta a exigência constante de legislação e normas aplicáveis a cada caso. A importância da atuação do coordenador poderá ser eficazmente demonstrada quando da constatação de que os dois principais objetivos do empreendimento, em suas duas pontas, foram atingidos: a maximização dos lucros do empreendedor e a satisfação do cliente final, o comprador. O Coordenador de Projetos deve ter uma visão sistêmica do processo de projeto e

conhecimento técnico suficiente para interpretar e questionar as soluções adotadas pelos projetistas, que, em geral, são profissionais especialistas e não detêm o conhecimento global.

Callegari e Barth (2007) propõem como melhoria a conscientização da participação dos projetistas envolvidos, bem como a existência do coordenador que integra os processos e verifica possíveis incompatibilidades físicas e funcionais dos projetos desenvolvidos. Atua como mediador e transmissor das informações, e gerencia as propostas e soluções a serem aplicadas. Para Frosch e Novaes (2014) a elaboração dos projetos deve ser permanentemente acompanhada pelo coordenador seguida de reuniões periódicas entre os integrantes da equipe, com vista á compatibilização de soluções afins, presentes nos diferentes projetos.

A coordenação de projetos pode adotar os princípios da ES, onde os projetistas têm que trabalhar em conjunto e coordenadamente de maneira a retroalimentar os projetos com informações acerca de novos métodos executivos aplicados a construtibilidade. O caráter multidisciplinar do projeto simultâneo, envolvendo vários especialistas de formação e postura diferentes, traz consigo a necessidade de coordenação do projeto. Neste aspecto, caberá ao empreendedor exigir do coordenador os resultados esperados e apoiá-lo nas tomadas de decisões e tentar evitar ao máximo o envolvimento com parceiros, atravessando o processo de coordenação. Na Figura 3, está demonstrada a rede de informações que nutrem o coordenador de projeto.

Figura 3 - Responsabilidades do coordenador de projeto.



Fonte: Melhado et al., (1995).

Na falta de um profissional específico, a função de coordenador de projetos pode ser exercida pelo próprio arquiteto autor do projeto, pela construtora ou por profissional ou

empresa contratada, sem estar diretamente ligada aos projetistas ou aos construtores (MELHADO, 1998). Embora muitos arquitetos defendam a ideia que essa coordenação deveria ficar sob a responsabilidade do próprio autor do projeto arquitetônico. Na realidade, o coordenador não precisa necessariamente ser o arquiteto, mas uma pessoa com as seguintes características:

- a. tenha experiência na área de execução e saiba lidar bem com todos os projetos;
- b. consiga resolver todos os problemas e se houver algum ele saiba em qual projeto aquele problema afetará;
- c. consiga manter uma equipe bem integrada com o comprometimento de todos os envolvidos;
- d. saiba transmitir claramente as informações;
- e. tenha características de liderança;
- f. possua um senso crítico na avaliação das decisões;
- g. seja flexível na avaliação das informações;
- h. tenha uma visão global de todos os projetos;
- i. tenha autonomia para fazer a coordenação e uma visão de custo a longo prazo;
- j. mantenha um canal de comunicação único: informações dos projetos e para os projetos, devem passar pelo coordenador; ou seja, consiga ordenar o fluxo de informações dos projetos.
- k. saiba determinar o cumprimento dos prazos esperados;
- l. saiba programar e controlar todas as fases do projeto;
- m. atenda aos processos construtivos privilegiando a produção;
- n. mantenha um banco de dados de todos os setores da empresa envolvidos no processo.

Contudo, para que essas mudanças possam ser implementadas com sucesso, a empresa – além de um ambiente propício e de ferramentas, técnicas e metodologias de trabalho que suportem a execução do processo – precisa antes de tudo, conhecer e ter explícito a forma com que o processo é executado, ou seja, ter o seu desenvolvimento de produto modelado, permitindo, uma visão global do mesmo: o que deve ser feito (projetos, etapas, atividades, tarefas), por quem (os envolvidos, suas funções e responsabilidades, interações), quando (a que tempo e a que a hora, relações de precedência), como (informações ou documentos de entrada; procedimentos, ferramentas e/ou tecnologias utilizadas no processamento das informações; informações ou documentos de saída; forma de controle), e onde (em que local, em que tipo de situação, por quais meios). Segundo Vanni (1999), Para a implantação de

sistemas da qualidade em um setor da construção civil, é importante considerar as peculiaridades que apresentam os seus produtos.

Por fim, como requisito ao processo de compatibilização, as empresas construtoras devem ser responsabilizadas pela geração e registro padronizado de procedimentos, soluções e tipologias empregados na produção, que, dependendo de sua função no processo construtivo, devem destinar-se a subsidiar a elaboração de projetos do produto e de projetos para produção, sendo, assim, repassadas aos profissionais responsáveis por esses projetos, que, melhor detalhados, podem contemplar esse procedimento.

O desenvolvimento de projetos sem a análise da compatibilização pode gerar consequências negativas, tais como, aumento de retrabalho, atraso no cronograma de execução, e falhas na qualidade da edificação, que frequentemente conduzem acréscimo dos custos das obras. O projeto quando passa por análise de compatibilização, mostra-se dinâmico, conferindo ao mesmo, um sentido de processo contínuo, onde as incompatibilidades são identificadas, analisadas e solucionadas (CALLEGARI E BARTH, 2007).

Algumas dificuldades devem ser superadas para implantação dessa nova metodologia, são elas: Quando se pretende aplicar um sistema de gestão da qualidade ao setor da construção, particularmente, ao subsetor edificações, deverá ter-se como premissa que, por ser frequentemente caracterizado como atrasado, trata-se de um setor muito particular da atividade industrial. Este atraso, deve-se principalmente:

- a. à diversidade dos intervenientes nas várias fases do processo de construção;
- b. à grande dispersão das obras agravada, na maioria dos casos, pela pequena produção em série;
- c. ao carácter itinerante da indústria da construção com sucessivas mudanças de canteiro, de tipo de obra e de pessoal (*turn over*);
- d. à variedade de materiais, componentes e tecnologias utilizados, bem como dos respectivos fornecedores.

3 METODOLOGIA

3.1 A residência e sua localização

O presente trabalho foi fundamentado na análise dos projetos de uma edificação unifamiliar de alto padrão, situada na cidade de Caruaru no estado de Pernambuco. O conceito de alto padrão está ligado à categoria dos materiais empregados no processo construtivo, bem como, ao custo total da obra. A Figura 4 é uma fotografia real da residência tirada a fim de demonstrar algumas de suas fachadas.

Figura 4 – Fotografia real da residência.



Fonte: Do autor, 2015.

Situada a 130 km da capital, Recife, com localização privilegiada, entre o litoral e o sertão, a cidade de Caruaru se desenvolveu desde 1857, ano de sua elevação à cidade. Nos últimos 15 anos, sua população passou de 231 mil para algo em torno de 342 mil habitantes, sendo a quarta maior do Estado e a 75ª do país, com uma população circulante de 1,5 milhão de pessoas e um PIB – Produto Interno Bruto de R\$ 1.911.875,00 (últimos dados do IBGE) e renda per capita de R\$ 5.650,00.

Junto com o aumento populacional e renda, cresceu também a economia e hoje o município é um dos mais importantes polos de desenvolvimento do Estado de Pernambuco. O setor da construção civil é essencial para que este desenvolvimento, já experimentado, continue. No entanto, o mesmo encontra-se em situação de atraso no que diz respeito à

absorção de novas tecnologias já existentes. Dessa maneira, o mercado de Projetos, que é parte integrante desse setor, encontra-se aberto à aplicação de métodos que busquem melhorias na qualidade e que reflitam numa maior eficiência para seu produto final. Dentro desse universo, é que esta localidade foi escolhida para desenvolver o presente trabalho. Junte-se a isso, o fato de que o condomínio em questão foi o local onde se desenvolveu o período de estágio do discente.

A residência em questão está situada no condomínio Alphaville Caruaru. Este empreendimento horizontal faz parte de uma empresa, com mais de 40 anos de atuação no mercado, que tem como carro-chefe a marca Alphaville, de condomínios sustentáveis de grande porte e alto padrão. Na cidade de Caruaru, fica situado às margens da BR-104 próximo a Pólo Caruaru. Existem 332 lotes divididos em 16 quadras nomeadas em ordem alfabética a partir da letra “a”. As dimensões dos lotes variam pouco sendo o comprimento próximo de 30 metros e a largura próxima de 15 metros. Existem regras específicas que devem ser seguidas por todos os proprietários que desejam construir neste espaço. Estas regras referem-se a afastamentos padrões laterais e de fundo do lote, a altura de muro de divisa, a altura máxima da residência, ao número máximo de pavimentos, etc. A Figura 5 mostra a planta do condomínio com o lote da residência em destaque.

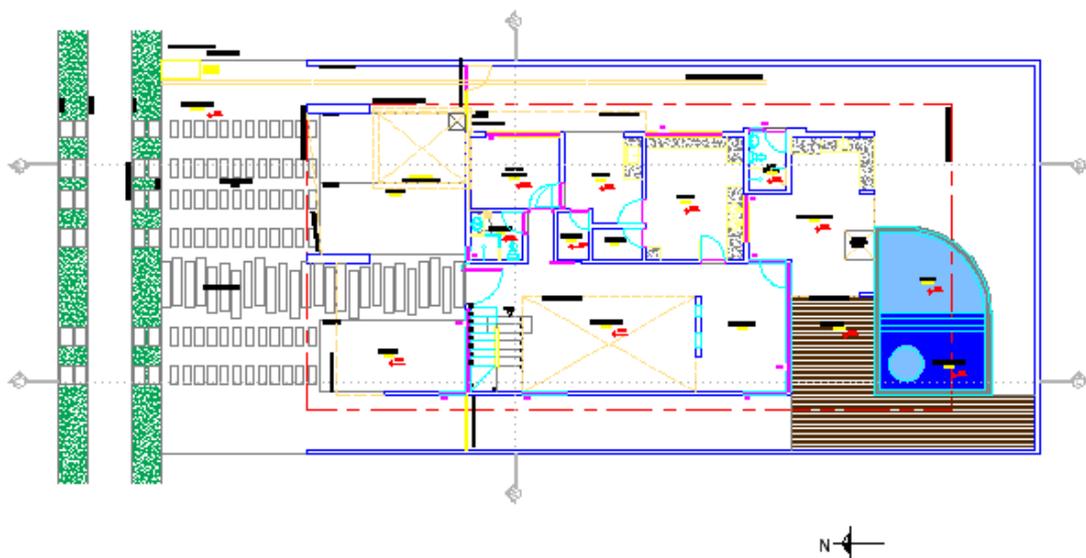
Figura 5 - Planta baixa Alphaville Caruaru



Fonte: Administração Alphaville Caruaru (2014).

A construção é recente sendo iniciada no ano de 2012. Atualmente, encontra-se em fase de acabamento, restando apenas algumas etapas como a de revestimento cerâmico externo e a de pintura. A Figura 6 mostra a planta baixa do pavimento térreo da residência em questão. A edificação é constituída, no pavimento térreo, por dois banheiros, sala de estar, sala de jantar, um quarto reversível, duas garagens, área de serviço, cozinha, despensa, depósito e churrasqueira. Já o pavimento superior é composto por três quartos com suíte, sendo um a suíte máster, varanda, e escritório. Existe ainda um item de lazer representado pela piscina.

Figura 6 - Pavimento térreo da residência.



Fonte: Administração Alphaville Caruaru (2014).

3.2 Projetos realizados

De acordo com a Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA), são 32 os possíveis projetos, além da arquitetura, que fazem parte hoje de um projeto de edifício; ainda que não obrigatoriamente façam parte de todos. Aos projetos de arquitetura, somam-se os projetos de estrutura, hidráulica, elétrica, telefonia, incêndio, ar condicionado, lógica, impermeabilização, alvenarias, fachadas, esquadrias, paisagismo, decoração de interiores, que estão sendo cada vez mais exigidos pelas construtoras e com melhor qualidade, com maior número de detalhes construtivos, padronizados e com maior grau de responsabilidade de seus projetistas.

A residência em questão é provida dos seguintes projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. Esses documentos foram obtidos junto à administração do condomínio. A sua existência decorre principalmente de exigências contidas no regulamento interno do empreendimento e não em leis ou normas técnicas. Este último fato evidencia claramente o tipo de pensamento que deve ser mudado dentro da indústria da construção civil. Os três projetos foram refeitos utilizando um pacote de *softwares* da empresa AltoQi.

O caso, ora tratado, apresenta projetos realizados por pessoas distintas. O executor é um empreiteiro atuante na região. Entre esses entes, não existiram, em nenhuma etapa do processo construtivo, reuniões com o intuito de condensar informações distintas. O total isolamento gerou diversos problemas que interferiram no desenvolvimento saudável da obra. Esses problemas serão tratados mais adiante em momento oportuno.

Dessa forma, fica claro o motivo pelo qual foi escolhida esta residência para o presente trabalho. Apresentando diversos efeitos decorrentes da falta de compatibilização entre projetos, ela tornou-se exemplar excelente para validar a justificativa dada quando se propôs o desenvolvimento deste trabalho.

3.3 Softwares utilizados

Um dos objetivos deste trabalho foi o de utilizar um pacote de *softwares* da empresa AltoQi. Como forma de aprendizado desses *softwares* específicos, serão refeitos os projetos já existentes. Para o projeto hidrossanitário, foi utilizado o AltoQi Hydros. O projeto elétrico contou com o AltoQi Lumine. No cálculo estrutural, o AltoQi Eberick foi a ferramenta usada.

O AltoQi Hydros é um programa para projeto de instalações hidráulicas e sanitárias prediais que permite o lançamento da tubulação do projeto como um todo, englobando seus vários pavimentos e permitindo a visualização tridimensional do conjunto. Possui um ambiente de CAD integrado, no qual objetos gráficos representam tubos e conexões. Ao mesmo tempo em que se desenha o projeto, inserem-se elementos que possuem informações para dimensionamento. O Cadastro de Peças agrupa dados de simbologia, dimensionamento e listagem de materiais. O dimensionamento da rede hidráulica é baseado nas normas ABNT NBR 5626/98 e ABNT NBR 7198/93 e o da rede sanitária atende as prescrições da ABNT NBR 8160/99 e ABNT NBR 7229/93. O programa permite o lançamento de detalhes hidráulicos (isométricos) e sanitários, a geração de vistas laterais (cortes), esquemas verticais de água e de esgoto, além de uma visualização tridimensional completa da tubulação.

O AltoQi Lumine é um programa integrado para projeto de instalações elétricas prediais, contendo uma base independente de CAD, que contempla o lançamento, dimensionamento e detalhamento final da instalação. O programa dispõe de ferramentas para inserção dos pontos elétricos, dispositivos de comando e proteção, quadros e condutos. Com base no lançamento, o programa inclui de uma só vez, os condutores necessários para ligar todos os pontos do projeto. O Cadastro de Peças agrupa informações de simbologia, dimensionamento e lista de materiais. Para realizar o dimensionamento do projeto elétrico, o Lumine utiliza todas as prescrições da norma ABNT NBR 5410 (2004) - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Porém, cada concessionária possui sua própria norma técnica para o projeto da entrada de serviço. Desta forma, para dimensionar o projeto elétrico do quadro de medição aos circuitos terminais, o Lumine utiliza a norma ABNT NBR 5410 (2004) e para dimensionar a entrada de serviço, o software utiliza a norma da concessionária. A norma específica da Celpe não está disponível nesse programa. Tal questão, no entanto, não teve grande representatividade para o presente trabalho por não interferir no traçado do projeto elétrico.

Além de gerar os desenhos com as plantas do projeto, é possível gerar desenhos adicionais, automaticamente atualizados a qualquer modificação, como listas de materiais, quadros de cargas, legendas, diagramas unifilares e multifilares, todos a partir das plantas lançadas.

O AltoQi Eberick é um software para projeto estrutural em concreto armado moldado in-loco e concreto pré-moldado que engloba as etapas de lançamento, análise da estrutura, dimensionamento e o detalhamento final dos elementos. Possui um poderoso sistema gráfico de entrada de dados, associado à análise da estrutura em um modelo de pórtico espacial, e a diversos recursos de dimensionamento e detalhamento dos elementos, de acordo com a ABNT NBR 6118/2014, além da visualização tridimensional da estrutura modelada.

Os *softwares* usados têm as normas técnicas vigentes embutidas dentro de suas rotinas de cálculo. O desenvolvimento de projetos de acordo com as normas brasileiras é de extrema importância para que sejam atendidos os requisitos de segurança, durabilidade, estética, conforto dos usuários, etc. As normas sofrem modificações periódicas que são disponibilizadas em atualizações para os programas computacionais. Quando houve a necessidade de utilizar esses documentos fora dos *softwares*, foram verificadas possíveis atualizações em endereço eletrônico disponibilizado pela ABNT.

No entanto, diante da evolução do mercado aqui discutida, estas normas mostram-se insuficientes por não contemplarem nenhum procedimento relacionado ao processo de

compatibilização. Deveriam ser criados mecanismos que pudessem ser seguidos pelos projetistas a fim de facilitar a integração futura dos projetos.

3.4 Método de compatibilização

O método que foi usado no processo de compatibilização consistiu, inicialmente, na geração e superposição das plantas baixas de cada projeto. Quando as informações obtidas nessa etapa inicial não foram suficientes no processo de compatibilidade, produziram-se vistas em formato de corte no intuito de permitir a análise vertical dos projetos. A superposição e análise das plantas foi feita através do AutoCAD 2014. No entanto, este programa não serve para leitura direta dos arquivos gerados pelos *softwares* da AltoQi. Sendo assim, fez-se necessário o uso de um quinto programa computacional, cuja função foi unicamente a de transformar o formato original das pranchas (.prc) de cada projeto para o formato padrão de leitura do Autocad@2014 (.dwg). Os três projetos tiveram seus arquivos exportados para esta extensão mediante arquivos obtidos através do QiCAD.

Na superposição dos projetos utilizou-se o projeto arquitetônico, elaborado no AutoCAD 2014, como base com os seguintes níveis de desenho (*layers*) ativados: paredes, esquadrias, equipamentos e projeções no formato eletrônico. Porém, logo após a superposição das plantas, a quantidade de camadas e de elementos dificulta ou até impossibilita a detecção das incompatibilidades, optou-se por desligar alguns *layers* e eliminar ou mover alguns elementos que eram irrelevantes. Outro procedimento realizado está relacionado com a atribuição de coloração distinta aos elementos de cada projeto. Será comum então, na apresentação dos resultados, identificar os elementos elétricos pela cor amarela, os elementos estruturais pela cor vermelha e os hidrossanitários pela cor verde.

Os tópicos e os itens analisados para a compatibilização do projeto arquitetônico e projeto estrutural são verificados quanto à modulação dimensional; pilares e vigas, analisando seus alinhamentos com paredes e intersecções com esquadrias. Para a verificação das incompatibilidades dos projetos arquitetônico, estrutural e elétrico é analisado o quadro de distribuição; pontos de iluminação, interruptores e tomadas conforme layout. Para a verificação das incompatibilidades dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário são analisados: prumadas e tubulações horizontais de água fria, água quente, registros gerais e aparelhos/ equipamentos. Estas análises buscam facilitar a verificação de incompatibilidades funcionais e físicas dos elementos construtivos, detectar pontos de conflitos, e propor

soluções para alcançar a conformidade e tornar compatíveis os elementos construtivos nos diferentes projetos analisados.

Como já mencionado, as interferências físicas (IF) foram observadas de duas maneiras, através de plantas baixas e de cortes. As regiões, nas quais essas IF's puderam ser detectadas e solucionadas fazendo uso apenas das plantas baixas, são em número de três, representadas pelo piso do pavimento térreo, piso do pavimento superior e cobertura do pavimento superior. Uma característica comum a todas elas é a horizontalidade. No entanto, é sabido que o lançamento das partes constituintes de cada sistema projetado não ocupa apenas as três regiões horizontais mencionadas anteriormente. Existe a região das paredes construídas em alvenaria de tijolos cerâmicos, onde boa parte das tubulações, eletrodutos e vigas estão situadas. Nessas regiões, caracterizadas pela verticalidade, fez-se uso das plantas baixas apenas na identificação de áreas passíveis de conflito, sendo necessária a produção de cortes para real análise.

Uma boa característica que é tida como vantagem em relação a outros programas computacionais, se refere à geração automática de cortes no *software* Hydros. Uma vez feito o lançamento dos elementos pertencentes ao sistema de água fria, essas vistas em corte podem ser obtidas de maneira rápida e eficiente, podendo ainda ser exportadas para o formato de leitura do Autocad®2014. Esse recurso representa uma enorme praticidade para o projetista que economiza todo o tempo e trabalho que seria gasto na construção desses cortes.

Neste trabalho, para analisar verticalmente a região das paredes, foi necessário primeiramente gerar o corte hidráulico no programa AltoQi Hydros. Logo após, o formato original do corte foi exportado, através do QiCAD para o padrão de leitura do AutoCAD 2014. Por fim, o arquivo foi editado no ambiente CAD acrescentando-se os elementos de cada projeto superposto ao hidráulico. Logicamente que esse procedimento só foi aplicado para análise de compatibilidade que envolvesse o projeto de água fria. Caso contrário, como será explicado mais adiante, não foi necessária a produção de tais cortes.

No procedimento de compatibilização, é primordial mencionar a grande vantagem decorrente do uso dos *softwares* produzidos pela empresa AltoQi. Os três programas computacionais aqui utilizados, permitem uma visualização dos elementos lançados em três dimensões. Este recurso permite ao projetista ter uma maior clareza no desenvolvimento do trabalho, bem como, observar mais rapidamente os possíveis pontos de conflito entre os diversos projetos, viabilizando com antecedência incompatibilidades que poderiam trazer problemas na execução da obra. No entanto, essa vantagem será apenas visual, visto que estes programas não permitem a superposição tridimensional de dois ou mais projetos.

Na situação atual do mercado brasileiro verifica-se que existe uma carência de *softwares* para compatibilização de projetos da construção civil. Suprindo esta lacuna, a AltoQi está desenvolvendo um *software* para integração e compatibilização dos modelos 3D gerados pelos softwares Eberick, Hydros e Lumine, e tem como objetivo a visualização dos modelos 3D e a detecção automática das interferências físicas entre os projetos. Este *software* ainda não tem nome registrado (MIKALDO JR., 2006).

Um questionamento passível de existência por parte do leitor é o motivo pelo qual estes projetos foram refeitos nos referidos *softwares*. A justificativa está contida na necessidade do engenheiro recém-formado tomar conhecimento de ferramentas computacionais que aceleram o processo de elaboração de projetos e controle da qualidade dos desenhos e tabelas gerados, além de possibilitar controle total sobre qualquer modificação feita nos diversos projetos. Este controle foi necessário para que as modificações, ora realizadas, continuassem a atender os mesmos critérios normativos dos projetos originais.

O tipo de revestimento utilizado no teto de ambos os pavimentos foi o de placas de gesso. Essas placas são presas à superfície inferior da laje por fios de aço com diâmetro inferior a 10 mm (arames). Um recurso arquitetônico bastante utilizado na atualidade para residências de alto padrão que utilizem esse tipo de revestimento é a elevação do nível da laje de maneira que as placas de gesso ocupem a sua posição anterior. Dessa forma, elementos como vigas podem ser facilmente escondidos entre o gesso e a laje imediatamente superior. Para isto, é necessário apenas acesso prévio as dimensões referentes às alturas das vigas ou elementos que se deseja omitir.

O procedimento, acima descrito, é um dos poucos que tem o efeito de evitar problemas de compatibilidade entre os projetos. O fato é que, prevendo a passagem de eletrodutos e outras tubulações por locais que contém vigas, as pessoas responsáveis pela execução da obra rebaixam o forro de gesso em um comprimento da ordem de centímetros abaixo da superfície inferior da viga com a qual ocorreria o cruzamento. A Figura 7 é uma fotografia real da residência e serve para descrever tanto a forma como a tubulação passa abaixo da viga quanto à região escondida pelo gesso.

Figura 7 - Eletrodutos acomodados entre a região do gesso e da laje



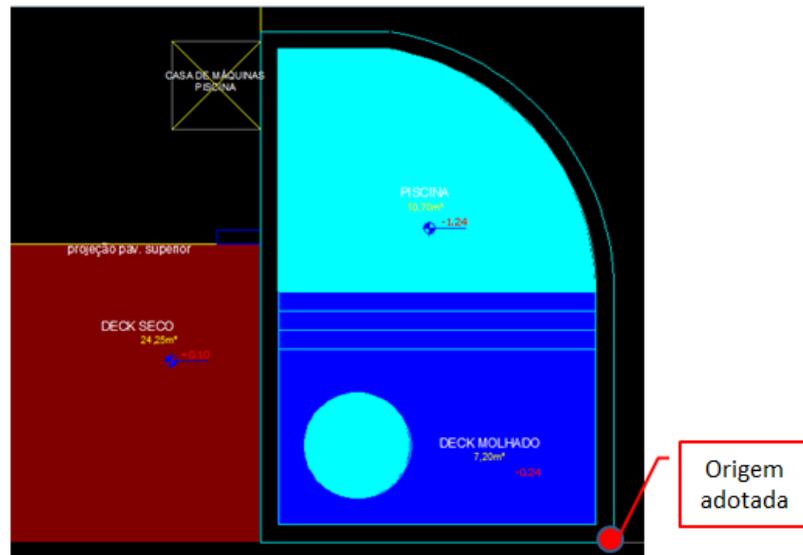
Fonte: Do autor, 2015.

O produto final deste trabalho foram os projetos atualizados e redimensionados, de acordo com as soluções dadas às incompatibilidades detectadas. Os projetos compatibilizados, bem como os originais desenvolvidos pelo autor encontram-se contidos em anexo digital, gravados em cd.

3.5 Elaboração dos projetos

A etapa inicial ao desenvolvimento de cada projeto é também uma etapa comum a todos eles. A mesma é caracterizada pela preparação da arquitetura de cada pavimento. É composta por duas partes simples, o posicionamento da origem do desenho e a atribuição de uma escala para o mesmo. O ponto escolhido para ser a origem está representado em uma das extremidades inferiores da piscina quando vista em planta. A Figura 8 mostra sua exata localização.

Figura 8 - Ponto de origem cartesiana adotado nos projetos.



Fonte: Do autor, 2015.

A atribuição de uma escala para o desenho mostrou influência, não apenas no processo de desenvolvimento de cada projeto de forma isolada, mas também no processo de compatibilização, onde mais de um projeto coexistiu em um mesmo ambiente CAD. O fato é que a adoção de uma escala única para todos os projetos possibilitou que as plantas exportadas pro Autocad®2014 não apresentassem dimensões arquitetônicas distintas. Em caso contrário, a superposição entre essas plantas estaria completamente comprometida.

Muitas das etapas desenvolvidas em cada projeto são executadas de maneira automatizada pelos *softwares* utilizados. Como já mencionado, esses programas computacionais se baseiam nas normas técnicas da ABNT vigentes atualmente no Brasil. Não existe, portanto, nenhuma preocupação em desobedecer qualquer tipo de recomendação legal quando da execução dessas etapas, cabendo ao projetista apenas atenção quando do lançamento dos elementos componentes de cada projeto, no sentido de evitar erros oriundos de inexperiência.

Porém, existem outras etapas, geralmente as iniciais de cada projeto, que não são automatizadas, exigindo interferência do usuário para realização de um pré-dimensionamento, do qual depende a sequência de elaboração de todo o projeto. No caso da elaboração do projeto elétrico, por exemplo, podem-se citar os procedimentos necessários para o cálculo das potências de iluminação e tomadas segundo a ABNT NBR 5410/2004, que pode ser feito a partir de planilha eletrônica. Essas etapas exigem do projetista um excelente senso crítico e

prático que muitas vezes está associado ao tempo de atuação deste profissional. É interessante lembrar também que, visando assegurar critérios mínimos de segurança e conforto aos usuários, as normas fixam critérios mínimos a serem atendidos nessas partes do referido projeto.

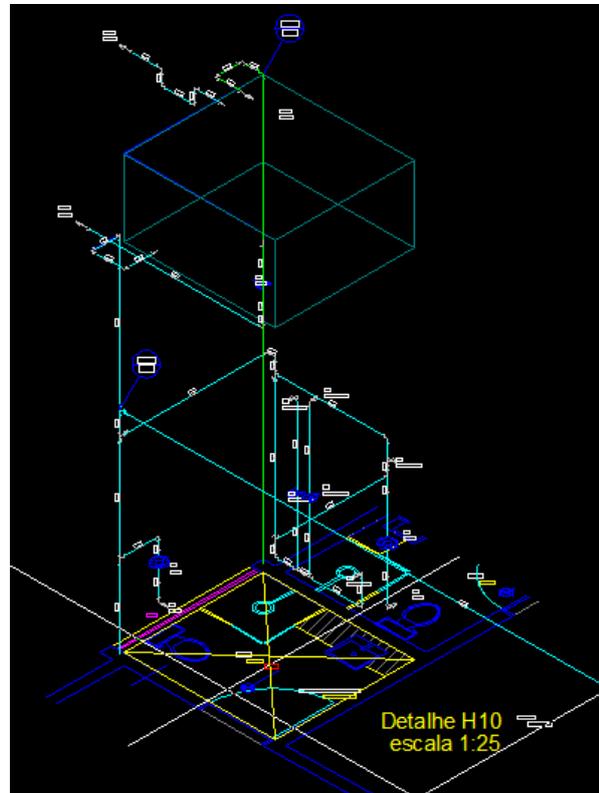
Explicações referentes às rotinas de cálculo executadas pelos *softwares* podem ser facilmente encontradas tanto nas normas da ABNT como nos manuais do programa. Além disso, as mesmas já são amplamente difundidas entre os projetistas das diversas áreas. Portanto, se acrescentadas a este trabalho, o tornariam apenas mais extenso de forma desnecessária. Dessa maneira, optou-se por explicar, dentro do processo metodológico, apenas as etapas de pré-dimensionamento, que se desenvolveram externamente aos *softwares*. As demais partes dos projetos serão ligeiramente mencionadas dentro da exposição cronológica na qual foram desenvolvidas.

3.5.1 Projeto hidrossanitário

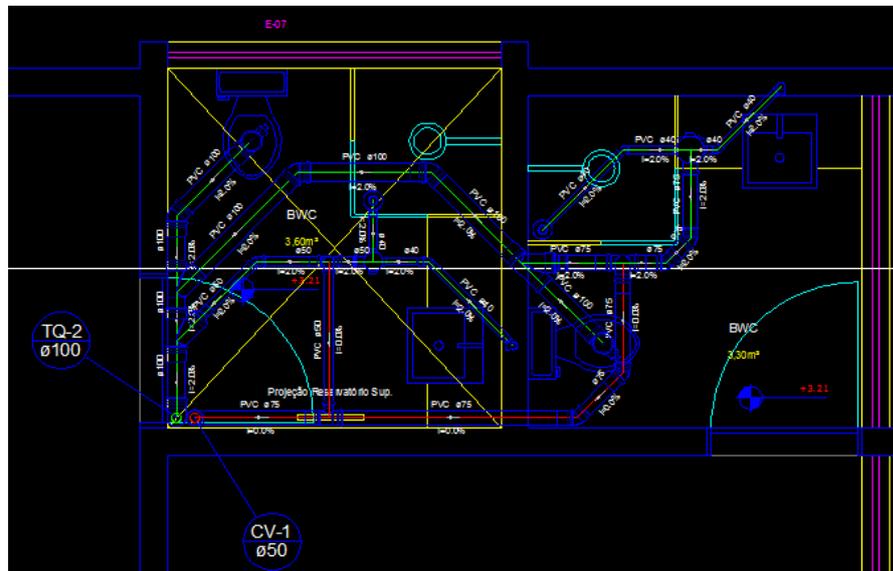
Para o tema aqui discutido o desenvolvimento em conjunto dos projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário foi de extrema relevância, uma vez que o software Hydros impossibilita, já no momento do lançamento, que qualquer tipo de tubulação se sobreponha. Sendo assim, quando suas plantas forem conflitadas, serão analisadas apenas questões de proximidade entre os tubos.

A metodologia de trabalho usada no desenvolvimento desses projetos difere um pouco daquela adotada no projeto elétrico e no estrutural. Dentro do ambiente de trabalho são geradas vistas isométricas ou cortes hidráulicos no intuito de trabalhar especificamente dentro de determinada região. A vista isométrica apresenta a vantagem de visualização dos elementos de forma tridimensional, permitindo que os mesmos sejam lançados e editados. O corte sanitário é uma vista em planta que tem a vantagem de mostrar tubos e conexões em verdadeira grandeza. O interessante é que qualquer modificação feita dentro das janelas de corte sanitário ou vistas isométricas é automaticamente atualizada na janela principal onde os dois projetos coexistem. A Figura 9 (a) e (b) exemplifica essas janelas, enquanto a (c) mostra a janela principal acima mencionada.

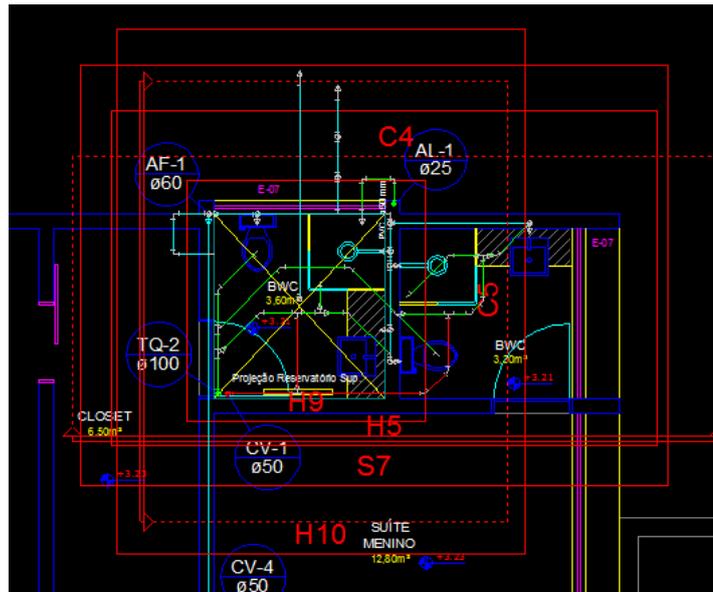
Figura 9 - Janelas do programa Hydros: (a) Detalhe isométrico; (b) Detalhe sanitário; (c) Janela principal.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Do autor, 2015.

A ABNT NBR 8160 de setembro de 1999 foi o documento no qual se baseou o projeto de esgotamento sanitário realizado como parte deste trabalho. O seu título - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução - mostra que seu uso não se resume unicamente a etapa de projeto em residências unifamiliares. Já para o lançamento da instalação predial de água fria, fez-se uso da ABNT NBR 5626 (1998). A seguir seguem informações utilizadas no lançamento de tubos e conexões pertencentes a esses projetos.

3.5.1.1 Colunas de ventilação

O item 3.12 da ABNT NBR 8160 define coluna de ventilação como um Tubo ventilador vertical que se prolonga através de um ou mais andares e cuja extremidade superior é aberta à atmosfera, ou ligada a tubo ventilador primário ou a barrilete de ventilação.

No seu lançamento, foi importante uma das informações contidas no item 4.3.6 onde é dito que a extremidade aberta de uma coluna de ventilação não deve estar situada a menos de 4,00 m de qualquer janela, porta ou vão de ventilação, salvo se elevada pelo menos 1,00 m das vergas dos respectivos vãos.

3.5.1.2 Tubos de queda

O item 3.41 da ABNT NBR 8160/98 define tubo de queda como uma tubulação vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga. Já o item 4.2.4 traz instruções para instalação dessas tubulações. Em sua primeira subdivisão esse item revela que os tubos de queda devem, sempre que possível, ser instalados em um único alinhamento. Quando necessários desvios devem ser feitos com peças formando ângulo central igual ou inferior a 90°. Na sua quarta parte, o mesmo item indica que devem ser previstos tubos de queda especiais para pias de cozinha e máquinas de lavar.

3.5.1.3 Ramais de descarga, ramais de esgoto e coletor predial.

Não foram necessários conhecimentos prévios para lançamento dessas partes já que o programa Hydros contém informações prévias sobre inclinações mínimas e ângulos para mudança de direção.

3.5.1.4 Reservatórios

O item 5.2.4 da ABNT NBR 5626/98 trata dessa parte do projeto de distribuição de água. Uma de suas divisões revela que o posicionamento relativo entre entrada e saída de água deve evitar o risco de ocorrência de zonas de estagnação de água. O subitem 5.2.5.6 indica que a extremidade da tomada de água no reservatório deve ser elevada em relação ao fundo deste reservatório para evitar a entrada de resíduos eventualmente existentes na rede predial de distribuição.

3.5.2 Projeto elétrico

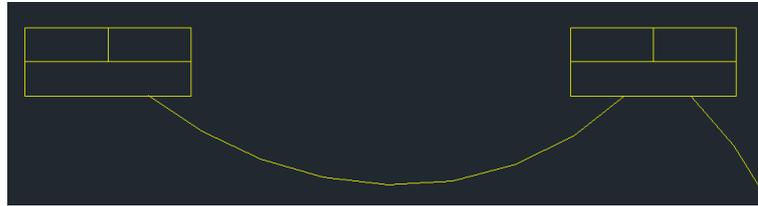
O programa AltoQi Lumine é baseado nas normas vigentes elaboradas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). A principal norma que serve de pilar ao uso desse *software* é a ABNT NBR 5410, cujo título é: Instalações elétricas de baixa tensão. O item 1.2 desse documento revela que o mesmo aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas. Portanto, o uso da norma está em acordo com a residência unifamiliar aqui tratada.

A primeira versão dessa norma foi publicada em 1941 e já passou por alterações em 1960, 1980, 1990, 1997 e em 2004. A última versão, publicada no dia 30/09/2004, buscou aperfeiçoar e atualizar procedimentos e conceitos, com o objetivo de aumentar a segurança e a qualidade das instalações elétricas. Uma das principais exigências da última edição do ano de 2004 é a exigência do condutor tipo terra em todos os circuitos terminais. Mudanças como a última revelam a preocupação dos elaboradores com o critério da segurança. A ABNT NBR 5410 teve uma alteração no ano de 2008 que consiste apenas na introdução de uma pequena errata. Esta, no entanto, não a altera significativamente.

Um fato importante que merece ser exposto, é que em determinadas etapas no desenvolvimento do projeto elétrico da edificação, como por exemplo, a previsão do número de pontos de iluminação e tomadas, a norma estabelece apenas critérios mínimos de quantidade. Esses valores mínimos, encontrados em diversos trechos desse documento, servem como garantia a condições mínimas de segurança e conforto necessárias aos usuários. Desta maneira, resta ao projetista, quando atendidos os critérios mínimos acima mencionados, a decisão da quantidade destes elementos nessas etapas do projeto. No presente trabalho, o procedimento acima descrito foi realizado nas seguintes etapas: Escolha do número dos pontos de tomada de energia e também do número e potência dos pontos de luz. Os valores mínimos e os escolhidos estão resumidos na tabela 1 contida no ANEXO I. A produção desta tabela resultou em valores para o cálculo das potências em Volt-Ampére (VA). No entanto, no lançamento dos pontos, a escolha da potência é feita em Watts (W). Essa diferença é representada pelo fator de potência, que pode ter valores variando de zero a um. Na realidade, o que esse fator expressa é a diferença entre o consumo aparente (medido em VA) e o consumo real (medido em watts). No intuito de garantir a segurança no dimensionamento realizado, optou-se por adotar fator de potência igual à unidade.

Um fato que merece ser discutido é a representação dada aos eletrodutos no projeto elétrico. O Lumine permite apenas que esses eletrodutos sejam representados de forma curva conforme Figura 10. Esse recurso do *software*, no entanto, tem a finalidade única de melhorar a distribuição dos elementos gráficos no ambiente CAD. Dessa maneira, para fins de cálculo, esse programa computacional contabiliza apenas a menor distância possível entre dois pontos ligados por um eletroduto, ou seja, uma linha reta.

Figura 10 - Eletroduto represento na forma curva.



Fonte: Do autor, 2015.

3.5.2.1 Pontos de iluminação e tomada

Um ponto de utilização pode ser definido como um ponto de uma linha elétrica destinado à conexão de equipamento de utilização. Ele pode ser classificado, entre outros critérios, de acordo com a tensão da linha elétrica, a natureza da carga prevista (ponto de luz, ponto para aquecedor, ponto para aparelho de ar-condicionado, etc.) e o tipo de conexão previsto (ponto de tomada, ponto de ligação direta).

3.5.2.2 Número de pontos de tomada

O item 3.4.6 da ABNT NBR 5410 define ponto de tomada como sendo um ponto de utilização em que a conexão do equipamento ou equipamentos a serem alimentados é feita através de tomada de corrente. O item 4.2.1.2.3 indica que, para locais de habitação, os pontos de tomada devem ser determinados e dimensionados de acordo com 9.5.2.2. O mesmo, ainda traz algumas premissas para instalação de pontos de uso específico (pontos destinados à instalação de equipamentos como chuveiros elétricos, ar-condicionados, etc.), são elas:

a) quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados.

b) os pontos de tomada de uso específico devem ser localizados no máximo a 1,5 m do ponto previsto para a localização do equipamento a ser alimentado;

O texto do qual trata o item 9.5.2.2.1 revela que o número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se no mínimo os seguintes critérios:

a) em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, atendidas as restrições de 9.1;

b) em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;

c) em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada. Admite-se que o ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso, quando a varanda, por razões construtivas, não comportar o ponto de tomada, quando sua área for inferior a 2 m² ou, ainda, quando sua profundidade for inferior a 0,80 m;

d) em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível. Particularmente no caso de salas de estar, deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo, portanto, com a quantidade de tomadas julgada adequada;

e) em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

e.1) um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se

e.2) que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;

e.3) um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m² ;

e.4) um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

A quantidade mínima de pontos de tomada foi estabelecida atendendo os critérios expostos acima. Porém, em alguns cômodos este número foi acrescentado em algumas unidades com o intuito de absorver a grande gama de aparelhos eletrônicos existentes atualmente. Um exemplo claro desse aumento está demonstrado na cozinha do pavimento térreo, onde o número de pontos de tomada foi acrescentado em número de dois.

3.5.2.3 *Número de pontos de luz*

O item 9.5.2.1.1 informa de maneira clara que em cada cômodo ou dependência deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor. Arquitetonicamente, a escolha de um único ponto de luz para cada ambiente, deixa-o, inevitavelmente, com um aspecto simplório. Dessa forma, em todas as oportunidades, mais de um ponto foi colocado em cada cômodo a fim de adequar a residência ao alto padrão construtivo.

3.5.2.4 *Potências atribuíveis aos pontos de tomada*

A potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

a) em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;

b) nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

As indicações acima foram retiradas do item 9.5.2.2.2.

3.5.2.5 *Potências atribuíveis aos pontos de luz*

O item 4.2.1.2.2 informa que as cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da ABNT NBR 5413/1992. A ABNT NBR 5413/1992 informa sobre a aplicação do método dos lúmens, definido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). Este método é um dos mais utilizados porque se baseia no tipo de atividade desenvolvida, nas refletâncias das superfícies e nos tipos de equipamentos escolhidos. O mesmo item traz, ainda, uma opção ao uso desse método, na qual para pontos de iluminação em locais de habitação são fixados critérios mínimos no item 9.5.2.1.2.

O software AltoQi Lumine V4® tem uma ferramenta que permite lançar os pontos de iluminação baseando-se no método dos lúmens. Em contrapartida, o programa não impede o lançamento desses pontos de forma livre. Dessa maneira, optou-se pelo atendimento aos critérios mínimos contidos no item 9.5.2.1.2 da ABNT NBR 5410. Esta decisão foi motivada não apenas pela falta de familiaridade do autor com o outro método, mas também pela grande facilidade de cálculo encontrada na opção escolhida.

A simplicidade da metodologia escolhida é demonstrada claramente no seu próprio enunciado:

a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;

b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

Veza por outra, a potência mínima requerida pela norma foi superada devido a aspectos como o aumento do número de pontos de iluminação ou incompatibilidades com os produtos disponíveis no mercado.

3.5.2.6 *Divisão da instalação*

O item 4.2.5.2 da ABNT NBR 5410 revela que a divisão da instalação em circuitos deve ser de modo a atender, entre outras, às seguintes exigências:

a) segurança - por exemplo, evitando que a falha em um circuito prive de alimentação toda uma área;

b) conservação de energia - por exemplo, possibilitando que cargas de iluminação e/ou de climatização sejam acionadas na justa medida das necessidades;

c) funcionais - por exemplo, viabilizando a criação de diferentes ambientes, como os necessários em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, recintos de lazer, etc.;

d) de produção - por exemplo, minimizando as paralisações resultantes de uma ocorrência;

e) de manutenção - por exemplo, facilitando ou possibilitando ações de inspeção e de reparo.

O mesmo item ainda indica, para locais de habitação, seguir as recomendações contidas na parte 9.5.3 da norma. Este trabalho baseou-se nas prescrições contidas abaixo. Estas prescrições estão contidas no último item mencionado.

a) Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.

b) Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.

c) Em locais de habitação, admite-se, como exceção à regra geral de 4.2.5.5, que pontos de tomada, exceto aqueles indicados em 9.5.3.2, e pontos de iluminação possam ser alimentados por circuito comum, desde que as seguintes condições sejam simultaneamente atendidas:

c.1) a corrente de projeto (IB) do circuito comum (iluminação mais tomadas) não deve ser superior a 16 A;

c.2) os pontos de iluminação não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas); e

c.3) os pontos de tomadas, já excluídos os indicados em 9.5.3.2, não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas).

3.5.3 Projeto estrutural

Algumas informações gerais devem ser dadas a respeito do projeto estrutural. O tipo de cimento utilizado foi o CP II-Z 32. Este tipo de material pulverulento é regido pela ABNT NBR 11578. A sigla indica que o mesmo é composto com pozolana. Esta adição torna o concreto produzido mais durável e impermeável. O fck do concreto foi de 35 MPa. Esta grandeza probabilística afirma que, em 95% dos corpos de prova ensaiados, a resistência obtida será igual ou superior a 35 MPa. Outra informação relevante é o tipo de fundação utilizado. Devido à presença de rocha em pequenas profundidades e ao pequeno porte da edificação, optou-se por utilizar fundações do tipo sapata simples. Elas são armadas e funcionam basicamente com resistência de base.

A caixa d'água real da residência é constituída de material conhecido como PVC (Policloreto de Vinila). Dessa maneira, não houve dimensionamento estrutural para a mesma. No entanto, a carga decorrente da mesma foi acrescentada sobre a laje L3 do pavimento superior para fins de dimensionamento da estrutura.

A locação dos pilares constituiu na primeira etapa desenvolvida após a preparação da arquitetura de cada pavimento. A localização de tais elementos foi escolhida com base na sua distribuição real em cada pavimento. Fez-se isso com auxílio de plantas de locação do projeto estrutural real da residência. A justificativa dada a esse procedimento é a coerência que deve existir entre o projeto desenvolvido pelo autor e o projeto real já executado. A locação das vigas e lajes se deu pelo mesmo procedimento acima descrito.

É importante ressaltar que, embora a parte inicial desse projeto tenha imitado outro já existente, isso em nada diminui a dificuldade encontrada na utilização do *software*. Mesmo para o lançamento dos pilares, foi necessário o domínio de ferramentas específicas do Eberick.

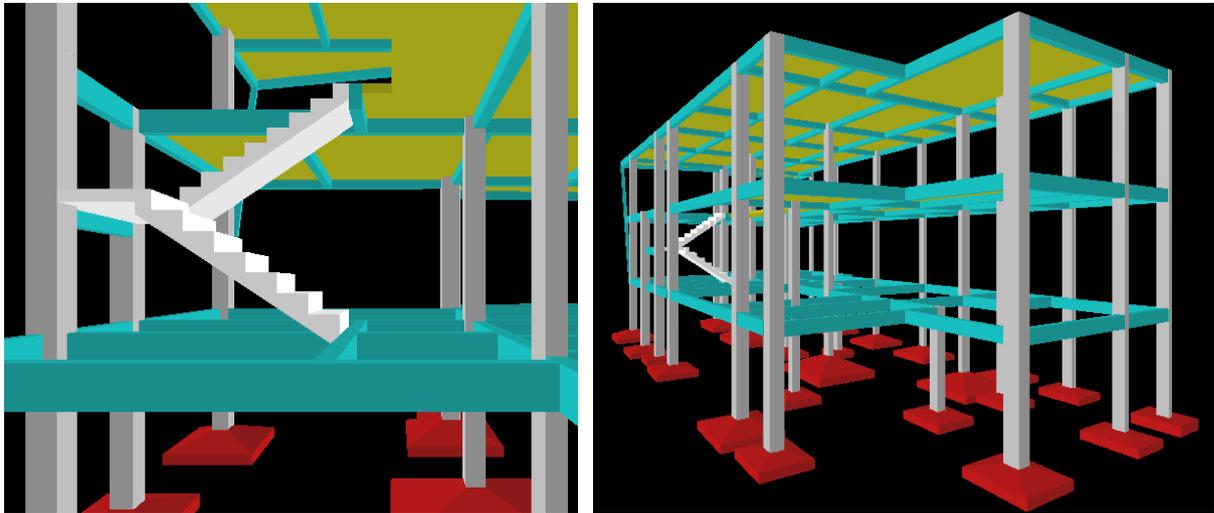
Após a locação dos pilares, foram lançadas as vigas seguidas das lajes. As vigas estabeleceram contornos necessários no momento em que as lajes foram colocadas. Quando a extremidade de uma laje era em balanço, fez-se uso de um recurso singular do *software*, lançando-se uma barra adimensional nessa extremidade. As sapatas foram geradas automaticamente após o lançamento dos pilares.

Quando pilares e vigas foram lançados, o programa solicitou do usuário informações referentes às dimensões da seção transversal. Esses tamanhos deveriam ser retirados de procedimentos de pré-dimensionamento realizados anteriormente. No entanto, como já se dispunha dos tamanhos reais de cada elemento, essa etapa de pré-dimensionamento não foi realizada, verificando-se no cálculo estrutural que algumas seções tiveram que ser alteradas em relação ao projeto original, para corrigir eventuais erros de dimensionamento por parte do programa computacional.

Procedimento especial foi necessário para o lançamento da escada de ligação entre os pavimentos térreo e superior. Na região do piso de cada pavimento foi necessário que a escada se apoiasse em uma viga. Este elemento teve que ser constituído em dois lances devido a limitações de espaço disponível. Entre essas duas partes, existe um patamar que mantém a largura das mesmas. O procedimento para criação desse patamar consistiu inicialmente na exportação do lançamento já realizado do pavimento térreo, conservando apenas os pilares. Logo após, o mesmo foi construído em procedimento semelhante ao lançamento de uma laje

comum. A Figura 11 (a) e (b), mostra vistas em três dimensões dos elementos estruturais, onde está demonstrada a escada.

Figura 11 - Pórtico 3D da residência: (a) Vista da escada; (b) Estrutura completa.



(a)

(b)

Fonte: Do autor, 2015.

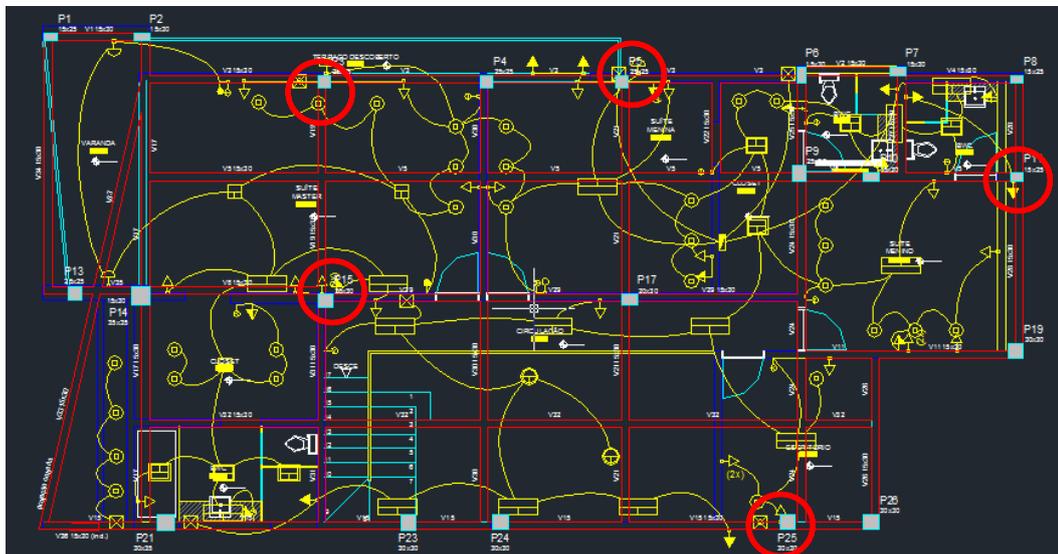
4 RESULTADOS

A estrutura na qual os resultados são apresentados é dividida em seis subitens que indicam o número de superposições possíveis entre os quatro projetos desenvolvidos. Muitas das incompatibilidades foram devidas a interferências físicas entre os diversos elementos componentes de cada projeto. Porém, nem sempre uma incompatibilidade se revelou sobre a forma de interferências físicas.

4.1 Compatibilização dos projetos estrutural e elétrico

A Figura 12 tem como uma de suas funções a de ilustrar a coloração atribuída aos elementos de cada projeto distinto. Como já mencionado na metodologia, cor vermelha para elementos estruturais e cor amarela para elementos elétricos. As áreas circundadas em vermelho são regiões onde foram detectadas incompatibilidades. O pavimento mostrado é o superior.

Figura 12 – Plantas elétrica e estrutural sobrepostas.



Fonte: Do autor, 2015.

As soluções propostas que serão demonstradas adiante contemplam sempre a modificação dos elementos elétricos, visto que, os valores referentes ao custo e ao tempo de modificação desses elementos são desproporcionalmente menores que aqueles ligados a modificação dos elementos estruturais.

4.1.1 Regiões horizontais

Como já mencionado, o vazio existente entre o gesso e a laje imediatamente superior é suficiente para a passagem de eletrodutos, evitando assim problemas de incompatibilidade. Este elemento é preso na face inferior das vigas e abaixo dele será posta a cobertura de gesso. A Figura 13 (a) mostra como a situação comentada ocorre na prática. A Figura 13 (b) mostra o cruzamento entre o eletroduto e a viga observado em planta.

Figura 13 - Cruzamento de eletroduto com viga: (a) Foto real da residência; (b) Situação vista em planta.



(a)



(b)

Fonte: Do autor, 2015.

4.1.1.1 Região da cobertura do pavimento superior

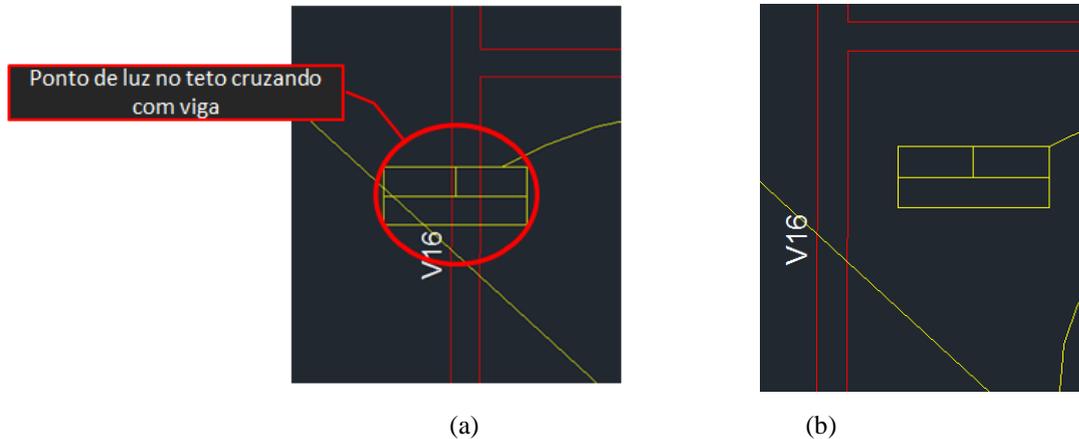
Para esta região de análise, basta apenas verificar se os pontos de iluminação colocados no teto tem sua localização coincidindo com locais de passagem de vigas. Para este pavimento, não ocorreram problemas desse tipo. O ponto de iluminação visto nas plantas é materializado por uma caixa de passagem que é instalada na superfície da laje e não no forro de gesso. A luminária, propriamente dita é que aparece no gesso.

4.1.1.2 Região da cobertura do pavimento térreo

Na região da viga V16 havia sido prevista a colocação de uma caixa de passagem necessária à instalação de uma luminária para lâmpada tipo tubular. A Figura 14 mostra como

essa sobreposição de elementos foi contornada pelo deslocamento do ponto de luz para um pouco à direita da posição original.

Figura 14 - Sobreposição entre ponto de luz e viga: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.

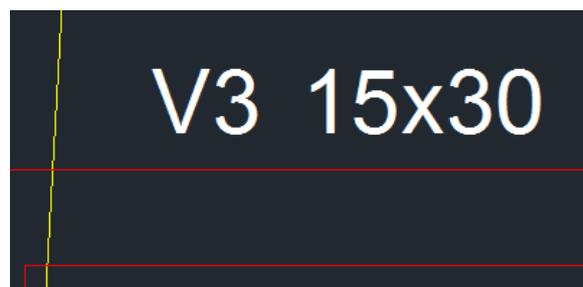


Fonte: Do autor, 2015.

4.1.1.3 Região do solo natural

Existe apenas uma área de análise encontrada nessa região. O cruzamento da linha elétrica, responsável pela alimentação elétrica da residência, e da viga V3, constituinte do baldrame, está demonstrado na Figura 15.

Figura 15 - Cruzamento da viga V3 e do alimentador elétrico visto em planta.



Fonte: Do autor, 2015.

No entanto, a possibilidade de existir uma incompatibilidade na Figura 15, é totalmente refutada pela ABNT NBR 5410 (2004). O item 6.2.11.6.3 desta norma adota como prevenção contra efeitos de movimentação de terra, que os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 70 cm da superfície do solo. O conceito de terreno normal não

inclui vias acessíveis a veículos. Desta maneira, observando que a altura da viga em questão é de 30 cm e que a profundidade do cabo elétrico é de 70 cm, não ocorre nenhuma interferência física.

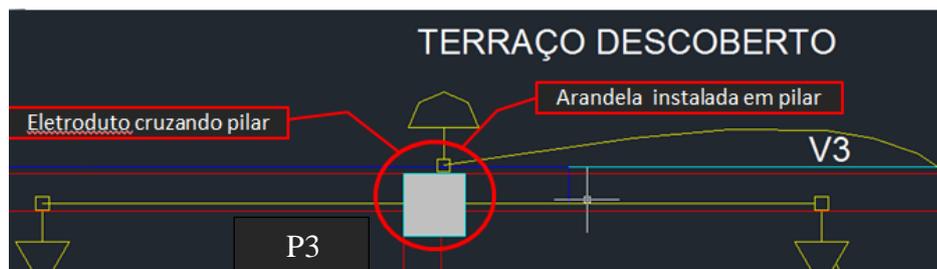
4.1.2 Regiões verticais

A análise de compatibilidade vertical na região das paredes foi feita apenas sobrepondo as vistas em planta do projeto estrutural. Este procedimento pôde ser realizado desta forma porque o único elemento vertical componente da estrutura, o pilar, é contínuo ao longo de toda a extensão vertical da parede. Desta maneira, sempre que alguma peça (eletroduto, ponto de luz, etc.) se sobrepõe a um pilar em planta, pode-se garantir que, independentemente da sua altura de instalação, está detectado um problema de incompatibilidade.

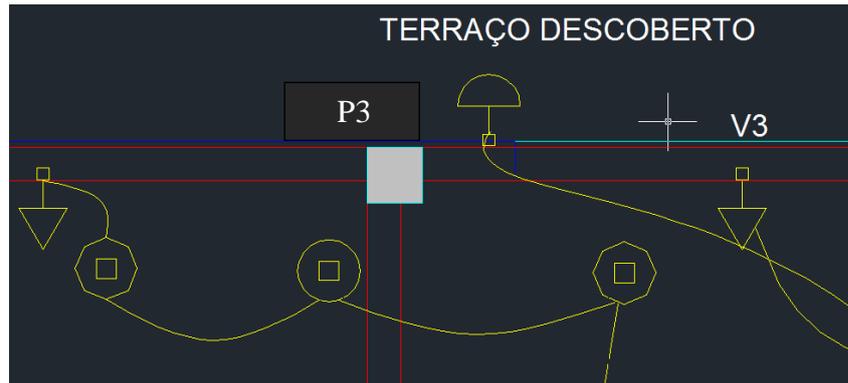
4.1.2.1 Região das paredes do pavimento superior

O primeiro pilar do pavimento superior a apresentar uma situação não compatível com elementos do projeto elétrico foi o pilar P3 contido no plano da única parede externa da suíte máster. A superposição dos projetos revela uma caixa de passagem de embutir, necessária à instalação de uma arandela no lado externo da residência, posta na posição alta e contida dentro do maciço de concreto pertencente ao pilar. A Figura 16 (a) demonstra a superposição das peças. A imagem mostra também um eletroduto cruzando o pilar na posição baixa. Esta situação é inviável, pois, para que se tornasse concreta, a peça estrutural teria que ter parte da sua estrutura rompida. A Figura 16 (b) foi produzida a fim de se demonstrar como a situação foi contornada.

Figura 16 – Arandela e eletroduto instalados em pilar P3: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



(a)

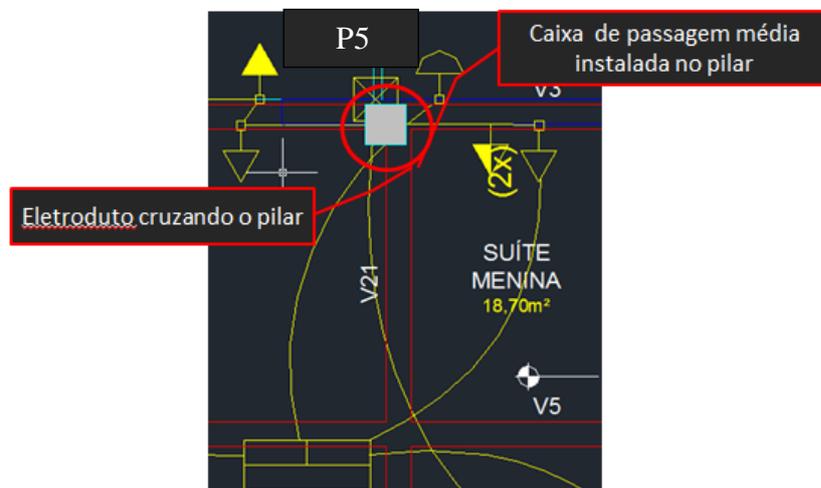


(b)

Fonte: Do autor, 2015.

Este tipo de problema se repete algumas vezes. Na região do pilar P5, por exemplo, a situação original previa a instalação de uma caixa de passagem de altura média, no corpo do pilar. Neste caso, existia ainda um fator que agravava a situação, pois, a caixa em questão serve de ligação entre os pavimentos. Portanto, além da caixa, um eletroduto vertical cortaria o pilar da altura da caixa até o piso do pavimento em questão. A Figura 17 esquematiza a situação.

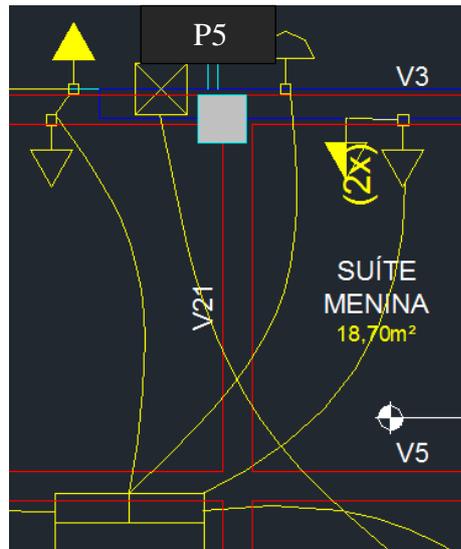
Figura 17 - Incompatibilidades entre pilar P5, caixa de passagem e eletroduto.



Fonte: Do autor, 2015.

Ainda nessa figura, pode-se notar um eletroduto, que liga dois pontos de tomada baixa, cruzando o pilar. Novamente, optou-se por mexer na posição dos elementos elétricos conforme a Figura 18.

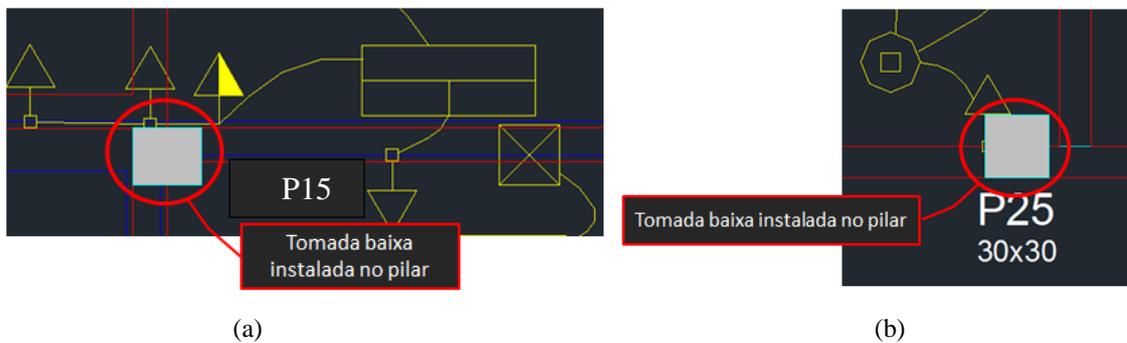
Figura 18 - Solução adotada.



Fonte: Do autor, 2015.

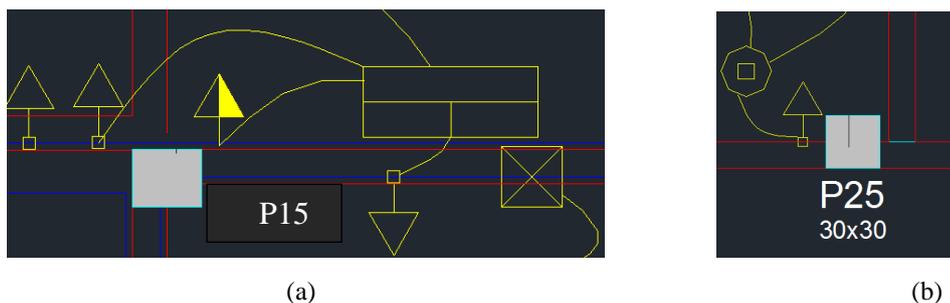
Os pilares P15 e P25 apresentavam tomadas baixas instaladas em seu domínio. A Figura 19 (a) e (b), mostra a situação para essas peças estruturais. Vale ressaltar que, além da caixa de passagem da tomada de uso geral, existe também um eletroduto que corta o pilar verticalmente desde o teto até a caixa. A Figura 20 (a) e (b), mostra a solução adotada.

Figura 19 - Tomadas instaladas em pilares: (a) Região do pilar P15; (b) Região do pilar P25.



Fonte: Do autor, 2015.

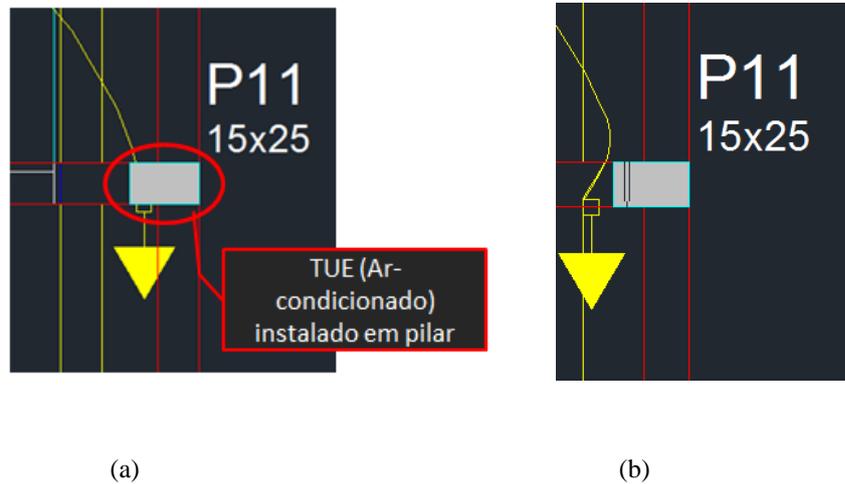
Figura 20 - Soluções adotadas: (a) Região do pilar P15; (b) região do pilar P25.



Fonte: Do autor, 2015.

Ocorreu também que, uma das tomadas de uso especial (TUE), necessária à instalação do ar condicionado do quarto dos meninos, estava instalada no pilar P11. A Figura 21 abaixo demonstra a situação anterior e a solução adotada.

Figura 21 - TUE do ar-condicionado instalado no pilar P11: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.

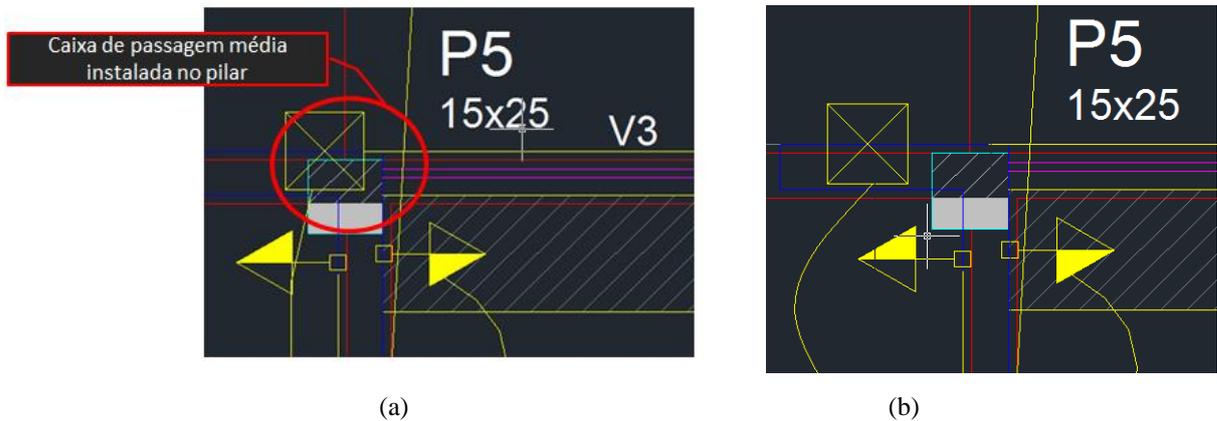


Fonte: Do autor, 2015.

4.1.2.2 Região das paredes do pavimento térreo

O problema que foi anteriormente discutido a respeito da região do pilar P5 no pavimento superior repete-se agora para o pavimento térreo. A Figura 22 (a) ilustra a situação. A caixa de passagem, agora tratada, situava-se originalmente numa posição imediatamente abaixo daquela que fora modificada no pavimento superior. Tendo em vista que um eletroduto continuará a ligar as duas caixas quando forem modificadas e sabendo-se que a caixa superior foi movida para o lado esquerdo do pilar, a única modificação possível de ser realizada na caixa inferior é a mesma da superior. Portanto, ela foi deslocada para o lado esquerdo conforme a Figura 22 (b).

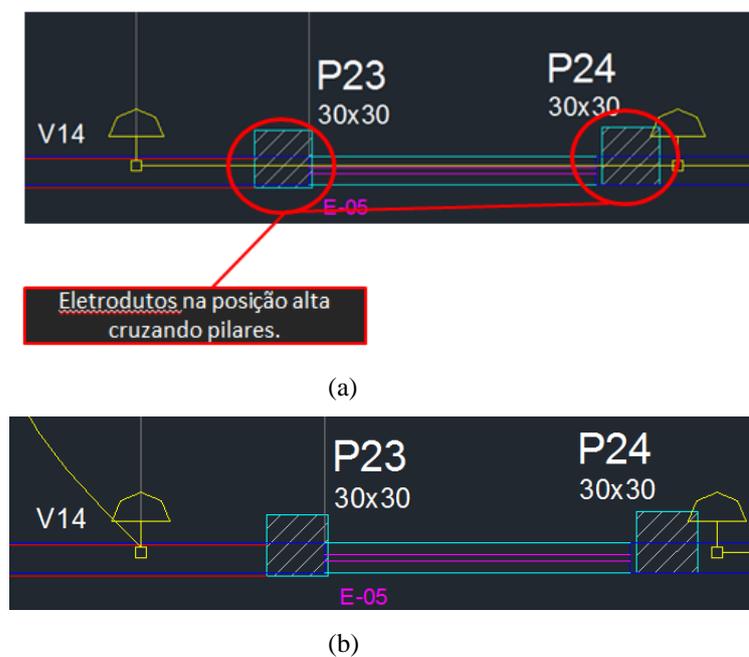
Figura 22 - Caixa de passagem instalada no pilar P5: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



Fonte: Do autor, 2015.

Outra situação repetida foi o cruzamento entre um eletroduto e um pilar. O eletroduto era o responsável pela ligação entre duas arandelas colocadas na posição alta em uma das paredes da sala de estar. Existam, nesse caso, dois pilares no caminho dos eletrodutos, identificados como P23 e P24. Mais uma vez, a eliminação do eletroduto e a religação dos pontos de utilização por outro caminho, revelou-se como a solução mais viável. A Figura 23 (a) e (b), mostra tanto a situação não compatibilizada como seu oposto.

Figura 23 - Eletrodutos cruzando pilares P23 e P24: (a) Incompatibilidades; (b) Solução adotada.



Fonte: Do autor, 2015.

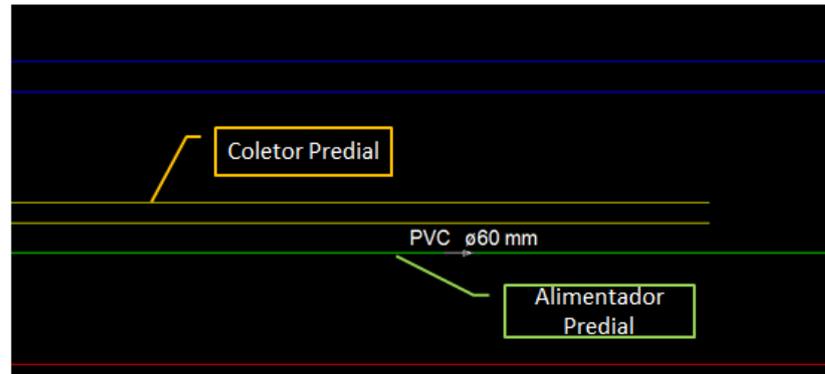
4.2 Compatibilização dos projetos hidráulico e sanitário

4.2.1 Regiões horizontais

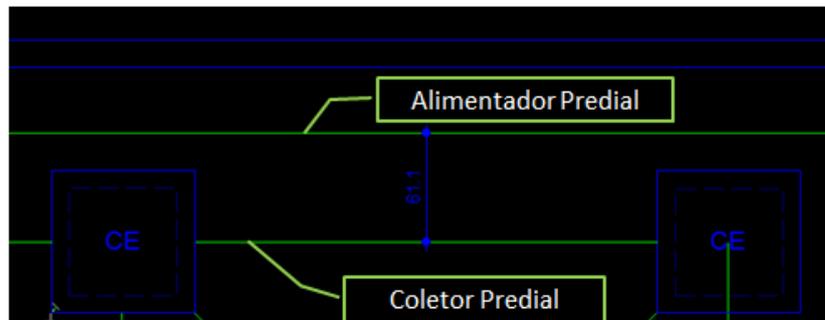
Dentro do espaço interno da edificação, os elementos pertencentes ao sistema de distribuição de água fria ocupam geralmente, regiões distintas daqueles pertencentes ao projeto sanitário. A região da cobertura do pavimento térreo é a única, dentro da residência, que acomoda esses dois tipos de componentes. No entanto, o distanciamento entre a cobertura de gesso e a laje imediatamente superior impede todo e qualquer problema de compatibilidade que viesse surgir. Nessa região, existe espaço suficiente para qualquer tipo de desvio de tubulação que venha ser necessário, não sendo necessário realizar a mudança de traçado de qualquer um dos projetos.

Porém, externamente à edificação, na região de solo natural existente na lateral direita do lote, percebe-se uma proximidade preocupante entre o alimentador predial de água fria e o coletor predial de esgoto. O item 5.2.3 da ABNT NBR 5626 de 1998 menciona requisitos a serem seguidos no projeto e na execução do alimentador predial. A mesma norma define, no seu item 3.3, o alimentador predial como a tubulação que liga a fonte de abastecimento a um reservatório de água de uso doméstico. O subitem 5.2.3.4 tem em seu texto a informação de que, em caso de ser instalado na mesma vala que tubulações enterradas de esgoto, o alimentador predial deve apresentar sua geratriz inferior 30 cm acima da geratriz superior das tubulações de esgoto. Quando foi realizada a superposição do projeto hidráulico e sanitário verificou-se que as tubulações do alimentador predial de água fria e do coletor predial de esgoto ocupavam a mesma vala cavada na lateral esquerda do lote conforme demonstra a Figura 24 (a). No entanto, como não fora realizado nenhum processo de compatibilização entre os projetos, nenhuma informação existia a respeito do afastamento necessário entre essas tubulações. Frente a esta problemática, resolveu-se retirar essas tubulações da mesma vala, separando-as a uma distância horizontal de 61 cm como demonstra a Figura 24 (b).

Figura 24 - Proximidade entre o coletor predial e o alimentador predial: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



(a)



(b)

Fonte: Do autor, 2015.

4.2.2 Regiões verticais

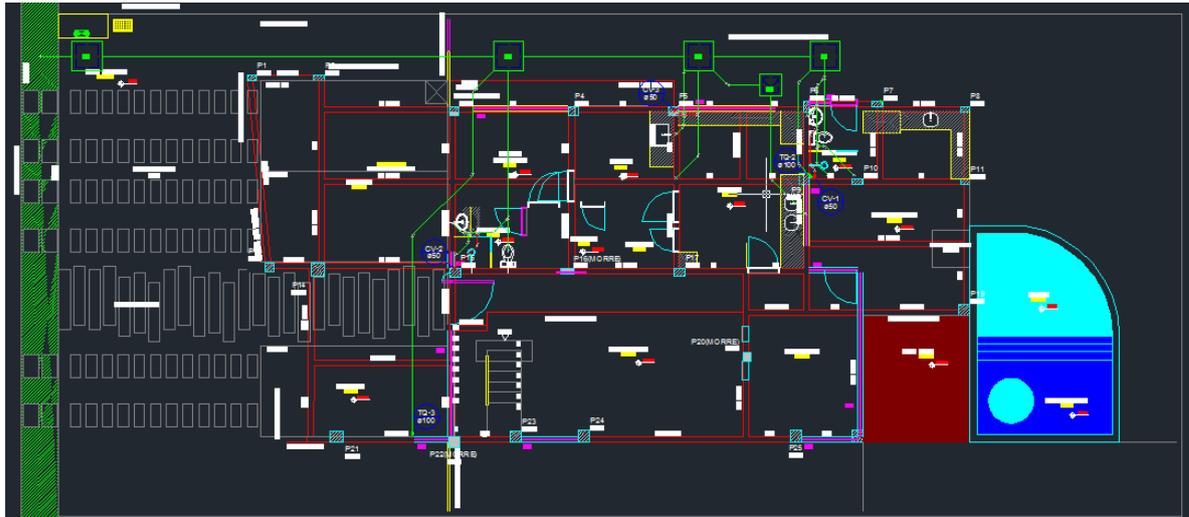
São poucos os elementos desses sistemas que ocupam regiões verticais. O alimentador predial, a coluna de distribuição, os tubos de queda e as colunas de ventilação respondem pela quase totalidade desses elementos. Esses componentes, no entanto, não podem ocupar o mesmo espaço físico, não sendo necessária posterior superposição entre seus projetos. Isso se deve ao fato de que, os projetos hidráulico e sanitário são desenvolvidos de forma conjunta, dentro de um mesmo *software*. Este programa impossibilita a sobreposição desses tubos já no momento do seu lançamento, evitando assim problemas futuros de compatibilidade.

4.3 Compatibilização dos projetos estrutural e sanitário

Tendo em vista que, logo após a superposição das plantas, a quantidade de camadas e de elementos dificulta ou até impossibilita a detecção das incompatibilidades, optou-se por desligar alguns *layers* e eliminar ou mover alguns elementos. Outro procedimento realizado

para facilitar a visualização foi a atribuição da cor verde para tubos de esgoto e da cor vermelha tanto para tubos do sistema de ventilação secundária como para elementos ligados ao projeto estrutural. A Figura 25 mostra como ocorre clara distinção dos elementos após a adoção do sistema de cores.

Figura 25 – Sobreposição dos projetos sanitário e estrutural.



Fonte: Do autor, 2015.

As soluções propostas que serão demonstradas adiante contemplam sempre a modificação dos elementos sanitários visto que, os valores referentes ao custo e ao tempo de modificação, são desproporcionais se comparados aquela na qual os elementos estruturais são alterados.

4.3.1 Regiões horizontais

A sobreposição entre os referidos projetos revela tanto para o pavimento térreo quanto para o superior, um tipo de problema que se repete inúmeras vezes. Este problema consiste no cruzamento tanto da fundação tipo baldrame quanto das vigas do pavimento térreo, com os trechos horizontais do sistema de esgotamento sanitário. Pode-se indagar o motivo pelo qual, na região de solo natural correspondente ao piso do pavimento térreo, as tubulações de esgoto não serem postas abaixo do eixo dos baldrames. A resposta a este questionamento está embutida nas inclinações requeridas pelas normas para esses tubos, que são da ordem de 2%. Esse último valor é muito baixo para que a situação anterior ocorra.

O baldrame e as vigas existem logo abaixo do eixo de cada parede. A fundação tipo baldrame é utilizada também em regiões onde é necessária para contenção de aterro. Desta

maneira, cada vez que as tubulações de esgoto sanitário, incluindo aquelas destinadas à ventilação secundária, cruzam o eixo de uma parede, nasce um problema de compatibilização. Como fazer um tubo de PVC, com diâmetros da ordem de 100 mm ou maiores, atravessar uma fundação maciça de concreto armado, é uma questão que, na prática, muitas vezes é resolvida de maneira errônea.

O procedimento de quebra da viga ou baldrame já concretado é, com certeza, o mais utilizado pelos profissionais responsáveis pela execução da obra. Porém, a demolição de parte dessas peças sem estudo prévio não é aconselhável do ponto de vista estrutural. No decorrer desse processo, que geralmente é executado com ferramentas de pequena precisão, algumas situações podem surgir. Em primeiro lugar, pode ser citado o surgimento de fissuras na peça, devido aos repetidos golpes diferidos contra a mesma. Cita-se ainda que o local escolhido para que seja realizado o furo, pode coincidir com aquele no qual os esforços solicitantes na peça são máximos, fato este que compromete em parte ou totalmente a função estrutural da mesma. O requisito de durabilidade, além de ser afetado pelo processo de surgimento de fissuras já mencionado, é alterado também pela extinção da camada de cobrimento nominal exigida pela ABNT NBR 6118 (2014). Essa camada de concreto é necessária para proteção do aço contra agentes externos de intemperismo como a água e o ar. A sua retirada, quando ocorre a quebra da viga ou baldrame, compromete a função estrutural do aço.

Sendo assim, sabendo-se que não há como evitar o cruzamento entre estes elementos, a solução mais correta a ser adotada pelos responsáveis da obra é a de prever, mediante um projeto de compatibilização e em momento anterior a concretagem, os locais onde os tubos irão cruzar com as vigas. Uma vez identificados essas interferências físicas, essas aberturas podem ser moldadas na hora da concretagem com fôrmas específicas, evitando-se assim o procedimento de quebra do elemento estrutural. Logicamente que o local previsto para essas passagens deve ser identificado por um profissional da área de estruturas que detenha tal conhecimento técnico. Na residência tratada neste trabalho, o projetista estrutural trabalhou de forma isolada dos demais profissionais, fato este que impossibilitou o correto procedimento de moldagem das vigas agora pouco descrito. A Figura 26 mostra um exemplo da situação descrita. Justifica-se aqui a ausência de figura que representasse a situação real da residência, por um fator cronológico correspondente a distinção entre os momentos de desenvolvimento deste trabalho e aquele no qual as tubulações sanitárias não se encontravam encobertas pelo forro de gesso.

Figura 26 - Abertura prevista anteriormente a concretagem.



Fonte: http://www.vimac.eng.br/vantagens_5.html

4.3.2 Regiões verticais

Apenas dois tipos de tubos foram postos na posição vertical quando do desenvolvimento do projeto sanitário. Os tubos de queda e as colunas de ventilação. Os tubos de queda geralmente recebem a contribuição do ramal de esgoto primário da bacia sanitária, que segundo a tabela 5 da ABNT NBR 8160/1999 têm diâmetro nominal mínimo de 100 mm. Portanto, considerando que não pode haver a diminuição da seção do tubo, o diâmetro dessas tubulações geralmente é igual ou superior a 100 mm. Raras exceções existem quando esses tubos recebem a contribuição apenas do ramal de esgoto de pias de cozinha ou de máquinas de lavar. Este último caso, no entanto, não ocorreu para a residência projetada. Assim, seria inviável embutir esses tubos em paredes. A solução proposta na prática é a execução das popularmente conhecidas “bonecas”, executadas internamente aos cômodos como um chanfro em um canto de parede. Esses complementos da parede conseguem embutir totalmente o tubo de queda interferindo pouco na estética do ambiente. A Figura 27 é uma foto real do banheiro social da residência aqui tratada. Observando a imagem, podemos perceber a clara distinção entre o canto de parede com a “boneca”, à esquerda, e o canto de parede comum, à direita.

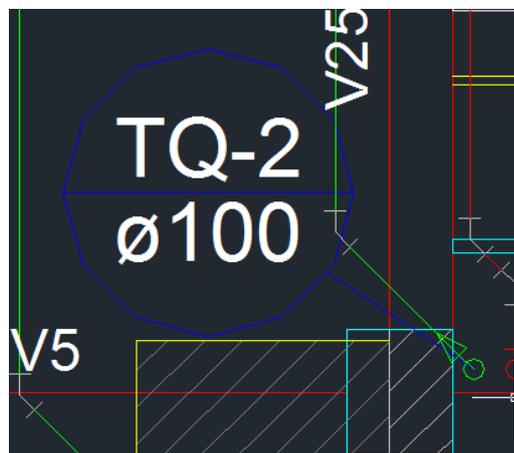
Figura 27 - "Boneca" executada no banheiro social da residência.



Fonte: Do autor, 2015.

A Figura 28 mostra a localização de uma dessas tubulações na planta baixa do pavimento térreo, situando-a em relação aos elementos estruturais identificados pela cor vermelha.

Figura 28 - Local de instalação de um tubo de queda.



Fonte: Do autor, 2015.

A sigla TQ é utilizada para identificar o tubo de queda de coloração esverdeada. Graças a toda esta situação, o único elemento estrutural que o TQ atravessou foi a laje do pavimento térreo, cujo procedimento de furação acarreta danos bem menos sensíveis que aqueles efetuados em vigas.

As colunas de ventilação, por outro lado têm diâmetros nominais da ordem de 50 mm, podendo ser facilmente embutidas em paredes. O problema maior de escondê-las desta maneira é quando a parede é abafada na sua parte superior por uma viga. Pode ocorrer também o choque entre o local previsto para o tubo e aqueles onde são locados os pilares. Quando essas incompatibilidades foram registradas, a solução dada foi a mesma já utilizada para os tubos de queda, ou seja, utilizar as “bonecas”, situando as duas tubulações próximas.

4.3.2.1 Pavimento térreo

A coluna de ventilação do banheiro social do pavimento térreo foi posicionada inicialmente em um espaço destinado também ao pilar P15. A função desta coluna é a proteção do fecho hídrico de equipamento como o lavatório, o ralo seco do chuveiro, etc. A Figura 29 (a) mostra a incompatibilidade. A sigla CV é utilizada para identificar a coluna de ventilação. Na Figura 29 (b), a tubulação é mostrada na solução adotada, que a move para o canto do cômodo mais próximo, tornando possível que ela seja completamente embutida no chanfro de alvenaria complementar a parede.

Figura 29 - Coluna de ventilação CV-2 dentro do pilar P15: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.

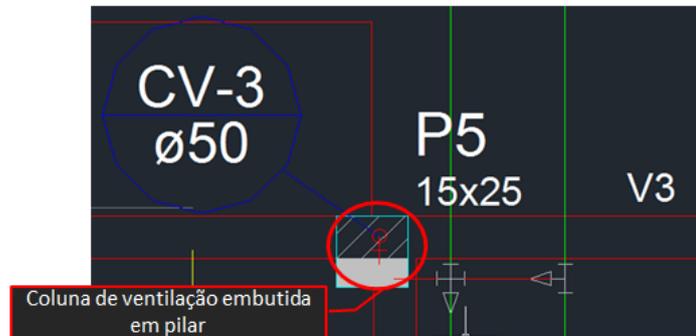


Fonte: Do autor, 2015.

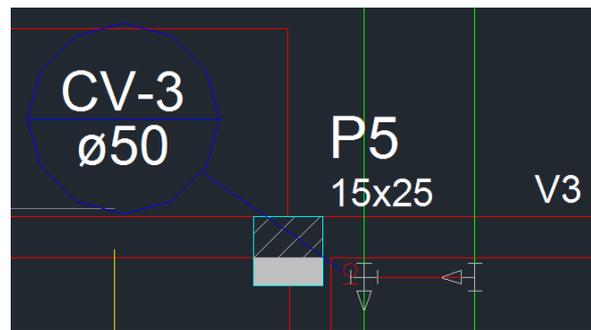
Esta situação repete-se nas mesmas condições na região do pilar P5, onde a coluna de ventilação, agora, protege equipamentos da área de serviço contra o retorno de gases

provenientes de tubos primários. A Figura 30 (a) e (b) trazem o problema e a solução adotada. Solução essa que logicamente imita a situação anterior.

Figura 30 - Coluna de ventilação CV-3 instalada em pilar P5: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



(a)



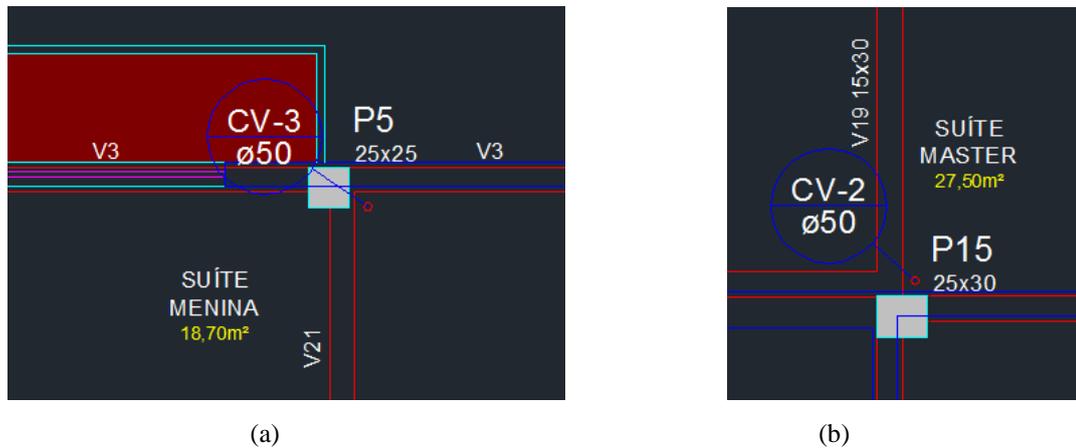
(b)

Fonte: Do autor, 2015.

4.3.2.2 Pavimento Superior

Inicialmente, antes de tratarmos de outros problemas localizados nesse pavimento, é importante mencionar que as incompatibilidades que incluíam colunas de ventilação e que foram solucionadas no pavimento térreo, nos pilares P5 e P15, repetem-se para este pavimento. As CV's devem ter sua abertura, conforme item 4.3.6 da ABNT NBR 8160 (1999), situada no mínimo 30 cm acima do nível do último pavimento. Portanto, os tubos modificados no térreo se estendem pelo pavimento superior até 30 cm acima da cobertura. No entanto, caso este caminho fosse seguido em uma só prumada vertical em relação a sua posição no pavimento térreo, esses tubos apareceriam tanto na suíte máster quanto na suíte das meninas conforme mostra a Figura 31 (a) e (b).

Figura 31 - Colunas de ventilação CV-3 e CV-2 mostradas no pavimento superior: (a) Suíte das meninas; (b) Suíte master.



Fonte: Do autor, 2015.

Como não há neste pavimento as mesmas paredes encontradas no térreo, optou-se por realizar um desvio horizontal de tal maneira que o trecho das CV's, pertencentes ao pavimento superior, fossem embutidos nas paredes de cada cômodo. O espaço encontrado para esta mudança de direção localiza-se entre o nível do forro de gesso e o nível inferior da laje. A Figura 32 (a) e (b) mostra a situação solucionada contemplando aspectos estéticos.

Figura 32 - Soluções adotadas: (a) Suíte master; (b) Suíte das meninas.



Fonte: Do autor, 2015.

4.4 Compatibilização dos projetos hidráulico e elétrico

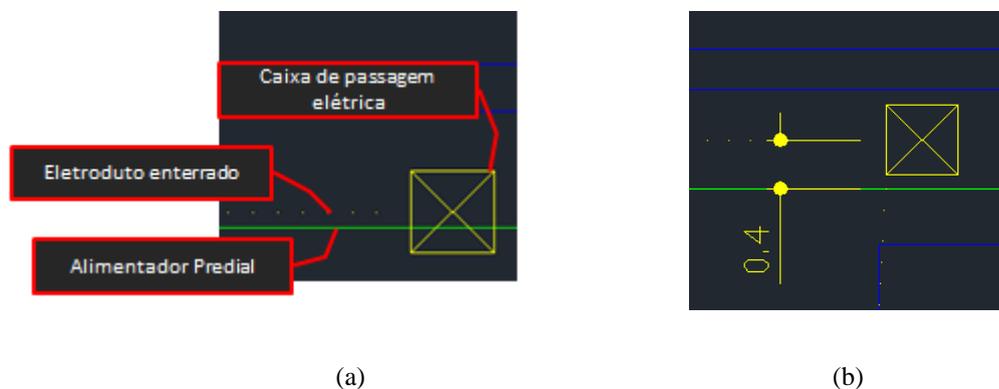
Neste caso particular, foi essencial a compatibilização utilizando tanto plantas baixas como cortes. O uso dos cortes é justificado pela grande quantidade de elementos dispostos nas

paredes da edificação. Utilizou-se a cor amarela para elementos elétricos e a cor verde para tubulações hidráulicas.

4.4.1 Regiões horizontais

A primeira região a ser analisada foi o solo natural onde está enterrada tanto a alimentação de água fria quanto a de eletricidade. A Figura 33 (a) representa a situação. Percebe-se que a tubulação de água fria corta a caixa de passagem elétrica. Além disso, existe uma proximidade não especificada entre o eletroduto e o alimentador predial. Na prática, seria impossível a execução fiel de ambos os projetos. A ABNT NBR 5410 (2004) em seu item 6.2.11.6.5, coloca que deve ser observado um afastamento mínimo de 20 cm entre uma linha elétrica enterrada e qualquer linha ou tubulação não elétrica cujo percurso se avizinha ou cruze com o da linha elétrica.

Figura 33 - Interferências entre eletroduto, caixa de passagem e alimentador predial: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



Fonte: Do autor, 2015.

Dessa forma, a solução tomada procurou afastar o conjunto elétrico do alimentador predial. A nova posição dos elementos pode ser vista na Figura 33 (b). Garantiu-se um afastamento de 40 cm entre as tubulações cumprindo a indicação da norma elétrica.

Novamente, fez-se uso para acomodação das tubulações, do espaço compreendido entre o forro de gesso e a laje imediatamente superior. Dessa maneira, não existiram problemas de compatibilidade entre elementos elétricos e sanitários nas regiões de cobertura do pavimento térreo e superior. Lembrando mais uma vez que nesse espaço todo cruzamento

ou sobreposição de elementos pode ser facilmente evitado. Restou então analisar apenas as áreas verticais materializadas fisicamente pelas paredes da edificação.

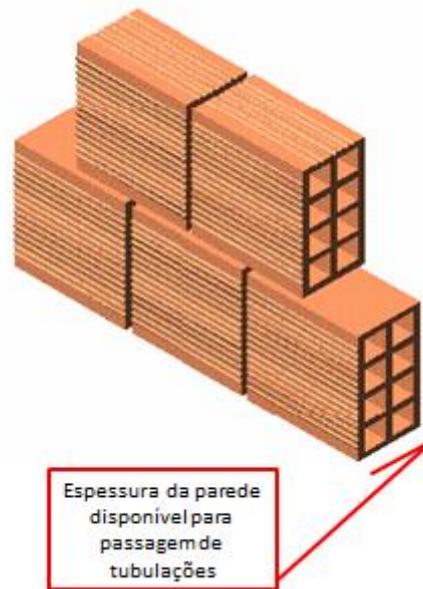
4.4.2 Regiões Verticais

Para análise dessas regiões dois documentos foram consultados, ABNT NBR 5626 (1998) e ABNT NBR 5410 (2004). Na busca por algum conteúdo que dispusesse sobre a sobreposição com tubulações de outros projetos, apenas o último mostrou resultado, mesmo que singelo. Este fato evidencia mais uma vez a completa deficiência normativa que o tema tratado apresenta.

O texto da ABNT NBR 5410 (2004) apresenta, em seu subitem 6.2.9.4, um tema referente à proximidade entre linhas elétricas e não elétricas, nas quais, logicamente estão incluídas as tubulações de água fria. O item 6.2.9 refere-se às condições gerais de instalação. Existe ainda uma subdivisão materializada no texto do subitem 6.2.9.4.1 no qual está dito que, quando as linhas elétricas se situarem nas proximidades de linhas não elétricas, o afastamento entre as superfícies externas de ambas deve garantir que a intervenção em uma delas não represente risco de danificação à outra.

Dessa maneira, as soluções de compatibilização entre os referidos projetos foram direcionadas segundo esta referência normativa única. Ocorre também que o espaço disponibilizado em uma parede de alvenaria para embutir tubulações pode ser resumido aos 10 cm de espessura que os tijolos tipo “baiano” apresentam. O complemento dessa espessura é representado pelos diversos tipos de revestimento e não devem ser usados para esse fim. A Figura 34 ilustra o tipo de tijolo utilizado, bem como o espaço acima tratado.

Figura 34 - Parede de alvenaria de tijolos cerâmicos.



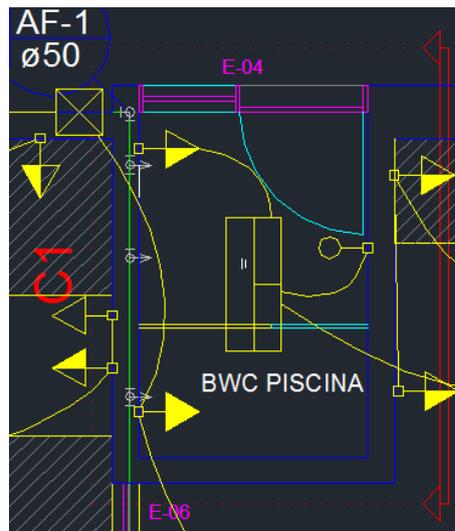
Fonte: ew7.com.br

Sendo assim, sempre que ocorreu um cruzamento entre um eletroduto e um tubo de água fria, a solução prevista inclui a sua separação física. . Essas soluções contemplam sempre a modificação dos elementos elétricos até que sejam esgotadas tais possibilidades. O projeto elétrico possibilita maior número de opções para modificação de traçado já que um eletroduto pode existir tendo suas extremidades ligadas a qualquer ponto de utilização. O traçado do sistema de distribuição de água fria só foi modificado em última instância.

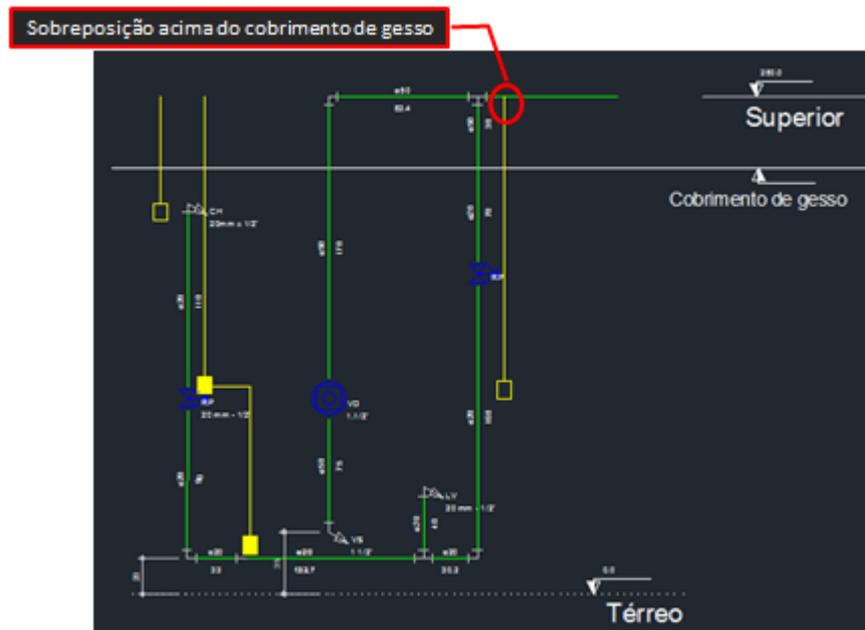
4.4.2.1 Pavimento térreo

A análise deste pavimento concentrou-se quatro cômodos onde os elementos de ambos os projetos coexistem. A superposição das plantas baixas revelou que as incompatibilidades poderiam existir na área de serviço, no banheiro social e no banheiro de suporte à piscina. A cozinha não apresentou este tipo de problema. Uma vez detectadas áreas de possível interferência entre os projetos, foram construídas vistas em planos verticais, revelando assim, o real posicionamento dos elementos. A Figura 35 (a) e (b) mostra uma dessas áreas, pertencente ao WC/Piscina, vista em planta e no plano vertical da parede.

Figura 35 - Vistas de uma parede do banheiro de suporte à piscina: (a) Vista em planta; (b) Vista em corte.



(a)



(b)

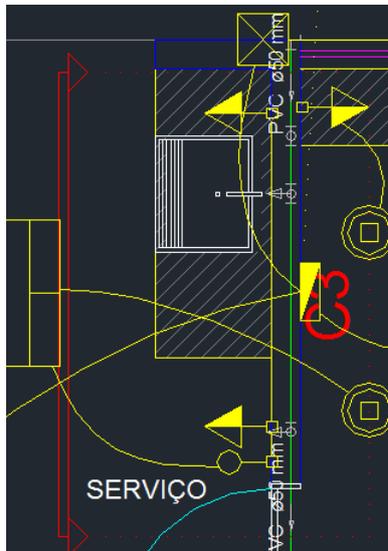
Fonte: Do autor, 2015.

A análise do corte da figura acima mostra uma sobreposição entre elementos de natureza diferente apenas na região acima do cobrimento de gesso, o que não representa problema de compatibilidade.

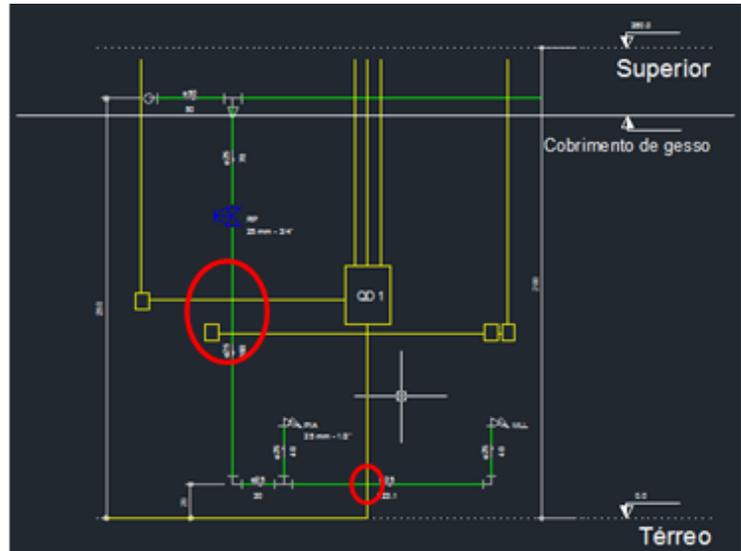
Passando a analisar agora a área de serviço, o corte realizado revela cruzamento entre elementos distintos, abaixo do nível do gesso, em número de três. Estes pontos encontram-se circulos na Figura 36 (a). A parede analisada pelo corte está demonstrada na Figura 36 (b). Nota-se que o eletroduto necessário para alimentação do quadro QD1 não poderia ser

modificado sem que continuasse a existir seu cruzamento com o ramal de água fria da máquina de lavar. A opção encontrada para este caso particular contemplou a modificação da posição desse ramal. A Figura 37 mostra como foi possível compatibilizar a situação.

Figura 36 - Vistas de uma das paredes da área de serviço: (a) Vista em planta; (b) Vista em corte.



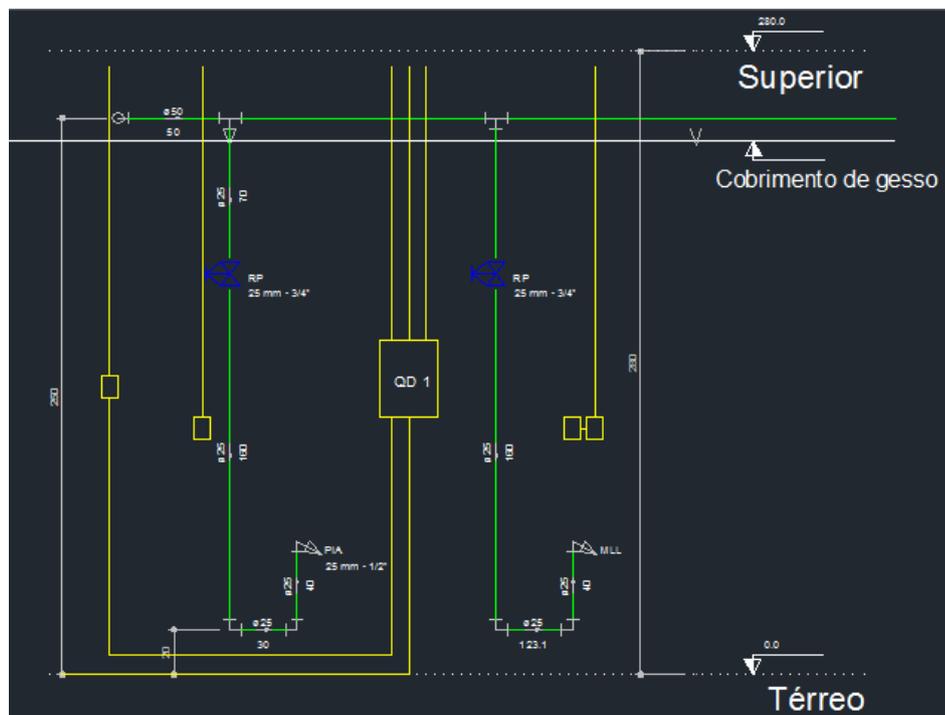
(a)



(b)

Fonte: Do autor, 2015.

Figura 37 - Solução adotada.



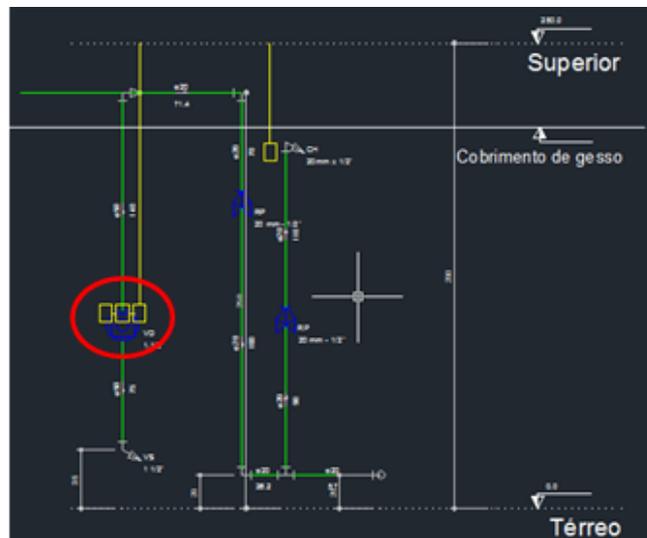
Fonte: Do autor, 2015.

A compatibilização realizada para o banheiro social revelou uma situação diferente daquelas que foram tratadas até o momento. Ocorreu a sobreposição entre um conjunto de três caixas de passagem e a válvula de descarga da bacia sanitária. As caixas mencionadas aparecem no corte com fundo em amarelo porque têm abertura voltada para a sala de estar e não para o banheiro. A solução proposta foi a de deslocar o conjunto um pouco para a esquerda onde ainda há espaço na parede para embuti-lo. A Figura 38 (a) e (b) mostram a incompatibilidade enquanto a (c) mostra a solução adotada.

Figura 38 - Caixas de passagem elétricas sobrepostas a registro depressão da bacia sanitária: (a) Incompatibilidade vista em planta; (b) Incompatibilidade vista em corte; (c) Solução adotada.



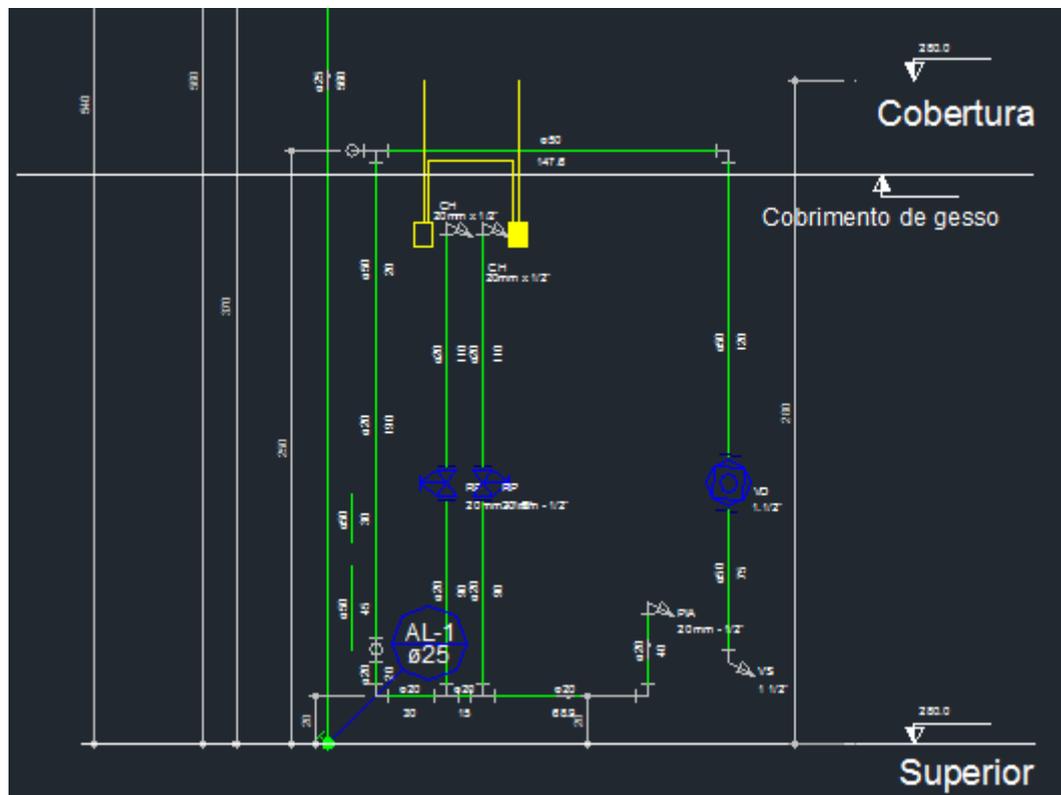
(a)



(b)

Observando a imagem acima, percebem-se interferências devido à posição das TUE's que ligam os chuveiros elétricos. A primeira tentativa para solucionar o problema foi deslocar esses pontos para cima, porém a variação de posição na direção vertical está restringida pela proximidade com o forro de gesso. Sendo assim, optou-se por deslocar a tubulação de água fria para a região acima das placas de gesso onde há espaço suficiente para desvio dos eletrodutos. Outra questão resolvida foi a eliminação do trecho de eletroduto que ligava as duas caixas de passagem. Na realidade, para evitar a incompatibilidade, esse trecho foi refeito conforme Figura 40 abaixo.

Figura 40 - Solução adotada.



Fonte: Do autor, 2015.

4.5 Compatibilização dos projetos hidráulico e estrutural

A explicação dada como justificativa à modificação dos elementos elétricos quando da incompatibilidade com vigas, pode ser transposta para a situação agora tratada. Sendo assim, nas soluções adotadas, optou-se por manter fixos elementos estruturais, como as vigas, modificando o traçado das tubulações da rede de água fria.

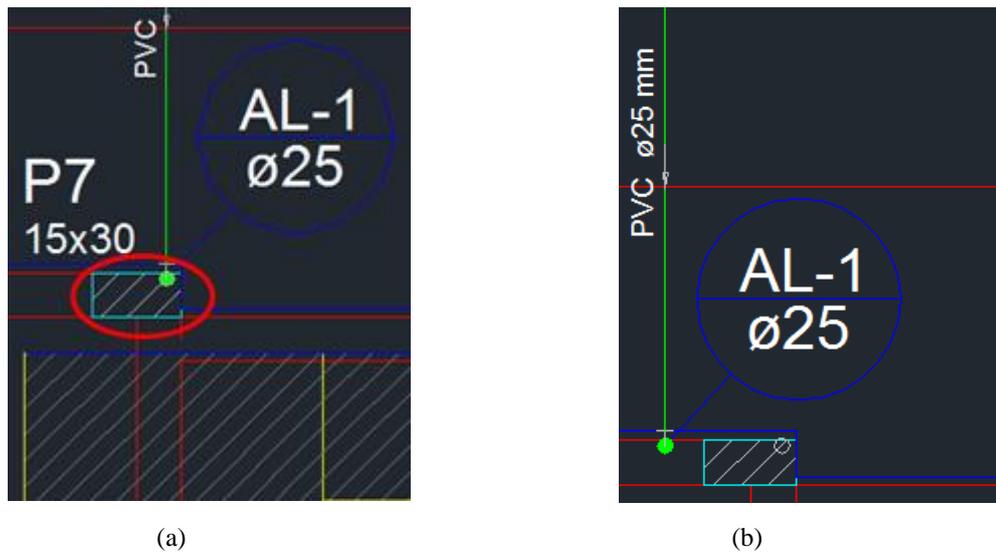
4.5.1 Regiões horizontais

Para embutir trechos horizontais da rede de água fria, faz-se uso do mesmo espaço utilizado pelos elementos elétricos e sanitários, ou seja, aquele limitado inferiormente pela cobertura de gesso e superiormente pela laje do pavimento superior. No entanto, devido a uma notável variação dos diâmetros utilizados, as soluções propostas oscilam entre aquelas utilizadas nos demais projetos. O que ocorre na realidade é que, quando vigas tem que ser transpostas, tubos de menores diâmetros imitam os eletrodutos usando o espaço entre a face inferior da peça estrutural e o forro de gesso, enquanto aqueles com diâmetros maiores fazem uso do processo de furação já mencionado para tubos de esgoto. De toda forma, utilizando de um ou outro método, fica evidenciado que, para a residência aqui discutida, não ocorrem incompatibilidades entre esses elementos.

4.5.2 Regiões verticais

A primeira problemática a ser discutida refere-se à região escolhida para acomodar a tubulação do alimentador predial de água fria. O espaço coincidia com aquele onde estava locado o pilar P7, que nasce no pavimento térreo e se prolonga até a cobertura do pavimento superior. Tendo em vista a continuidade, tanto do elemento estrutural como da tubulação de água fria, ao longo dos dois pavimentos, não houve necessidade de analisar vistas do tipo corte. A Figura 41 (a) evidencia a incompatibilidade em planta. A solução adotada nesse caso teve aspecto simplório e objetivou o deslocamento do alimentador na direção horizontal conforme Figura 41 (b).

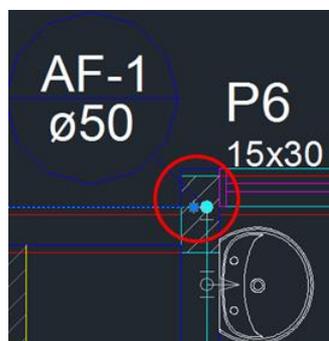
Figura 41 - Alimentador predial instalado no pilar P7: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



Fonte: Do autor, 2015.

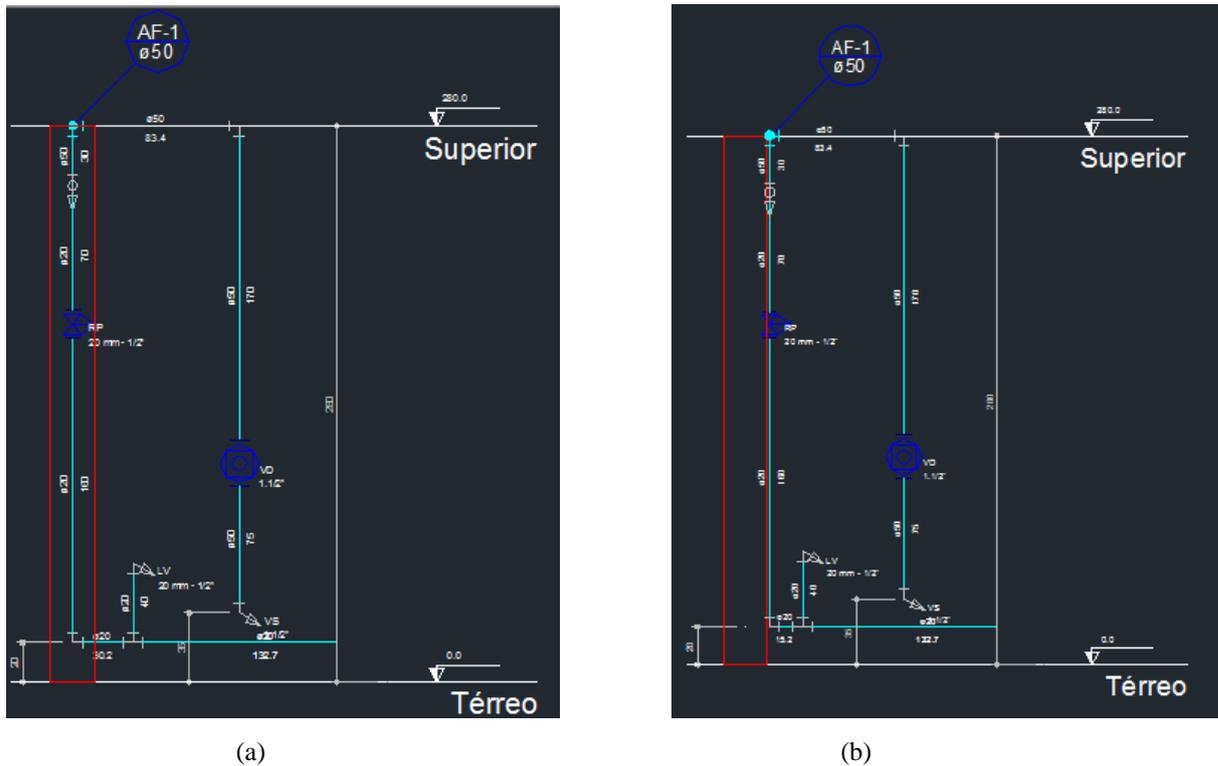
Outra região vertical que apresentou necessidade de modificação de traçado foi a que se refere à coluna de distribuição de água que se origina no reservatório superior. Para demonstração da incompatibilidade, optou-se por demonstrar apenas as vistas do pavimento térreo. No entanto, ressalta-se a verticalidade da coluna de distribuição para inferir que qualquer modificação realizada no pavimento inferior será automaticamente refletida no superior. Observando a ocorrência do problema descrito pela Figura 42, chegou-se a melhor solução possível deslocando tubo de água fria na direção vertical para a única parede que toca o pilar e que não apresenta uma viga no seu limite superior. A Figura 43 (a) e (b) mostra a situação vista em corte.

Figura 42 – Vista em planta da Coluna de distribuição AF-1 instalada no pilar P6.



Fonte: Do autor, 2015.

Figura 43 – Vistas em corte da coluna de distribuição AF-1 sobreposta ao pilar P6: (a) Incompatibilidade; (b) Solução adotada.



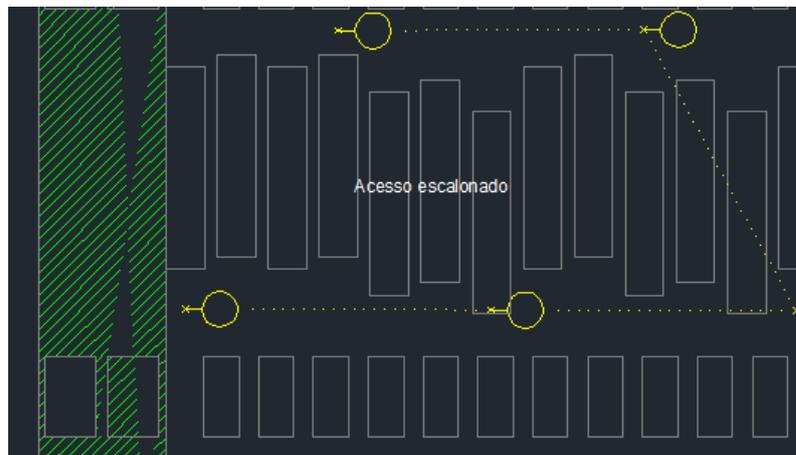
Fonte: Do autor, 2015.

Por fim, um dos cortes produzidos para o pilar P15 no pavimento térreo mostrou que uma das tubulações necessárias à alimentação de uma pia situada no banheiro cruzava-o. Este fato foi único para este trabalho. Optou-se então por alterar o caminho da alimentação do ponto, transferindo-o para a região acima da cobertura de gesso, onde a espaço para que o traçado contemple o contorno do pilar. A Figura 44 (a) e (b), mostra tanto a situação anterior quanto a compatibilizada.

de ventilação são os únicos elementos que ocupam regiões verticais. Já foi dito que os tubos de queda, sem exceção, foram colocados em regiões externas às paredes popularmente conhecidas como “bonecas”. A maioria das colunas de ventilação que eram embutidas dentro de paredes, foram, após processo de compatibilização com o projeto estrutural, postas em posições semelhantes aos tubos de queda, restando apenas algumas situadas no pavimento superior.

Existem apenas três regiões onde o projeto elétrico alcança a região do piso. No solo natural do lote existem algumas luminárias distribuídas no jardim frontal da residência. Porém nessa área não existe tubulação ou caixa pertencente ao projeto sanitário. A situação é representada pela Figura 45.

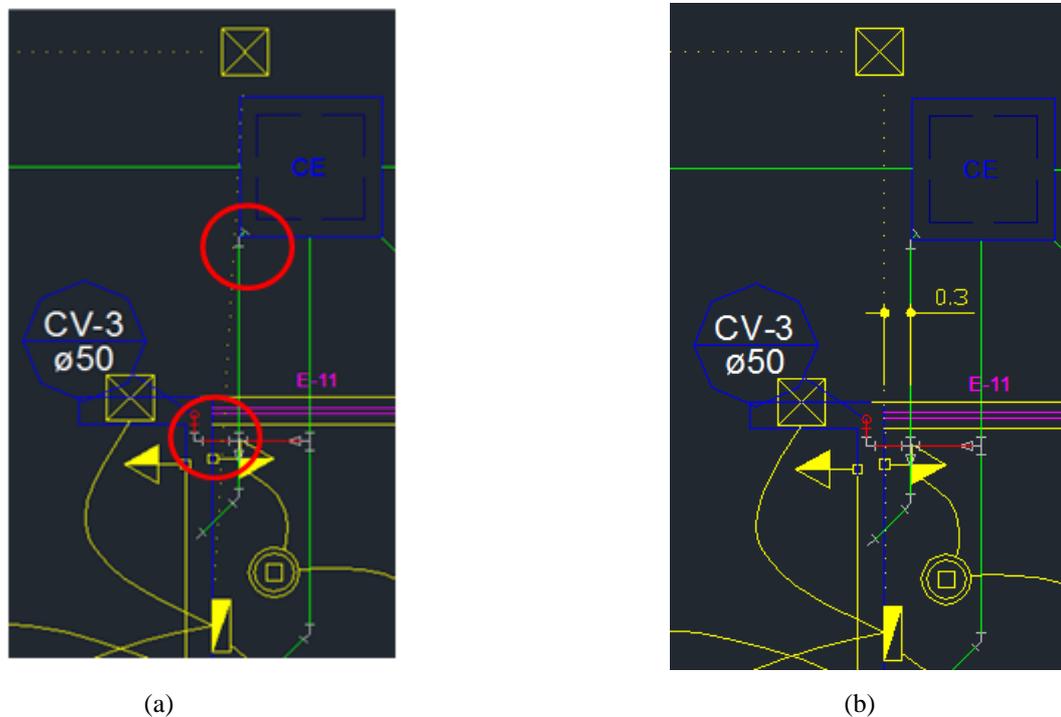
Figura 45 - Luminárias distribuídas no jardim frontal.



Fonte: Do autor, 2015.

Ainda no solo natural do terreno, estão enterrados os componentes responsáveis pela alimentação de energia elétrica da residência. A observação da Figura 46 (a) revela que a caixa de passagem elétrica convive sem interferências com a caixa de passagem do sistema de esgoto. Porém o trecho de eletroduto que liga a caixa de passagem elétrica ao quadro de distribuição do pavimento térreo sobrepõe-se a essa caixa de esgoto. Outro problema detectado é a proximidade deste eletroduto com a tubulação de esgoto que é de natureza não elétrica. A ABNT NBR 5410 (2004) traz em seu item 6.2.11.6 prescrições para instalação de linhas enterradas. O texto do subitem 6.2.11.6.5 coloca que deve ser observado um afastamento mínimo de 20 cm entre uma linha elétrica enterrada e qualquer linha ou tubulação não elétrica cujo percurso se avizinha ou cruze com o da linha elétrica.

Figura 46 - Trecho de eletroduto interferindo fisicamente com elementos sanitários: (a) Incompatibilidades; (b) Solução proposta.



Fonte: Do autor, 2015.

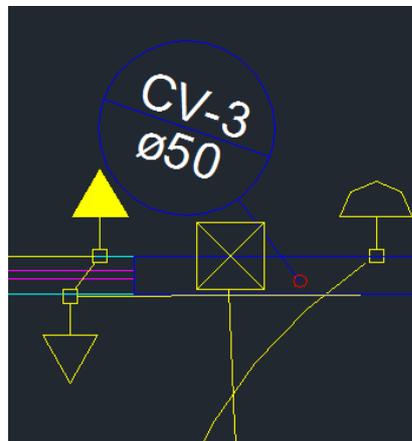
Dessa maneira, mesmo não havendo o cruzamento entre tubulações, está detectado um problema de compatibilidade. A solução proposta contempla o deslocamento do conjunto caixa-eletroduto para uma posição à esquerda da atual, na qual ocorre o paralelismo entre o eletroduto e o tubo de esgoto. A distância entre esses se mantém constante com valor de 30 cm, atendendo assim aos requisitos da norma citada anteriormente. A compatibilização está demonstrada na Figura 46 (b).

Outro cruzamento está circundado na Figura 46 (a). A vista em planta mostra o eletroduto discutido cruzando com o ramal de ventilação da tubulação de esgoto. No entanto, um item da ABNT NBR 5410 (2004) refuta toda e qualquer possibilidade de incompatibilidade entre esses elementos. O item em questão é o 6.2.11.6.3 que adota como prevenção contra efeitos de movimentação de terra, que os cabos devem ser instalados, em terreno normal, pelo menos a 70 cm da superfície do solo. O conceito de terreno normal não inclui vias acessíveis a veículos. Por outro lado, devido à pequena declividade dos tubos de esgoto, os mesmos não alcançam grande profundidade no pequeno trecho dentro do banheiro,

e isso impede que a distância mínima de 20 cm para a tubulação elétrica, seja atingida. Para distâncias maiores, no entanto, essa premissa não é válida.

A terceira e última região de análise refere-se ao único ponto, dentro do pavimento superior, onde um eletroduto penetra pelo piso. Este ponto especial encontrasse alocado no encontro entre a parede externa do quarto das meninas com o piso do pavimento superior. O mesmo já teve sua posição modificada no processo de compatibilização entre o projeto elétrico e o estrutural. Sua posição atualizada está demonstrada na Figura 47. Na situação mostrada não ocorre incompatibilidade.

Figura 47 - Posição da coluna de ventilação CV-3 em relação à caixa de passagem elétrica.



Fonte: Do autor, 2015.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando-se o trabalho aqui desenvolvido, verificou-se que o referencial teórico possibilitou o conhecimento sobre como os diversos professores e pesquisadores estão contextualizando a compatibilização entre diferentes projetos ao longo do tempo, além de proporcionar ao leitor conceitos importantes e formas de se avaliar tal compatibilidade que é de extrema importância para desenvolvimento de projetos utilizados na construção civil. Este estudo foi considerado de grande valia para este autor, uma vez que, obtiveram-se diversos benefícios, tais como conhecimento de softwares comerciais para elaboração de projetos, adequando-se aos interesses do mercado de trabalho que forneceu o suporte necessário para a análise de compatibilidade, além de acrescentar conhecimentos que vão além dos conteúdos vistos nos componentes curriculares do curso de graduação.

Neste trabalho conforme os resultados obtidos verificou-se que, com a compatibilização dos diversos projetos, muitos contratemplos poderiam ter sido evitados. A origem dos problemas detectados encontra-se no fato de os projetos terem sido feitos por equipes de projetos distintas, que muito provavelmente não interagiram de maneira adequada com vistas à obtenção do produto final que é a obra segundo o binômio da engenharia segurança e economia.

Verificou-se que uma vez realizada a superposição entre os diferentes projetos, foram detectadas diversos tipos de interferências físicas a serem solucionadas. Tendo em vista o pequeno porte da edificação e a grande quantidade de incompatibilidades, imagina-se que os ganhos obtidos são muito maiores para edificações de grande porte.

A superposição dos projetos revelou diversos problemas de incompatibilidade os quais, se tivessem sido analisados sob a ótica de compatibilização de projetos, como foi feito neste estudo, poderiam, se não sanado, reduzido muito os problemas durante a fase de execução da obra. Devido ao fato de não terem sido resolvidos ainda na fase de projeto, ocasionaram situações como o aumento de retrabalho, o atraso de cronogramas de execução da obra e o consequente aumento de seu custo.

REFERÊNCIAS

- ADESSE, E.; MELHADO, S. B. **A coordenação de projetos externa em empresas construtoras e incorporadoras de pequeno e médio portes.** Disponível em: www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Coordena%C3%A7%C3%A3o%20Projetos/CoordExterna.pdf . Acessado em: 11 de julho de 2014.
- ANDERY, P. R. P. Desenvolvimento de produtos na Construção Civil: uma estratégia baseada no Lean Design. In: **Congresso brasileiro de gestão de desenvolvimento de produto**, n.2, 2000, São Carlos. *Anais...* São Carlos : UFSCar, 2000. CD-ROM: il.
- BAÍA, J.L., MELHADO, S.B. **Sistemas de gestão da qualidade em empresas de projeto; aplicação ao caso das empresas de arquitetura.** In: *Anais.* Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios – EPUSP- São Paulo, nov. 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Cursos de Arquitetura e Urbanismo: Diretrizes Curriculares Gerais – Portaria No 1.770.** Brasília, 1994.
- CALAVERA RUIZ, J. O controle do projeto. In: **Simpósio nacional sobre garantia da qualidade das estruturas de concreto**, 1., São Paulo, 1990. *Anais...* São Paulo, EPUSP, 1990. p.111-141.
- CALLEGARI, S.; BARTH, F. Análise comparativa da compatibilização de projetos em três estudos de caso. In: **Congresso Construção**, 3º., 2007. Portugal. *Anais...* Portugal: Universidade de Coimbra, 2007.
- FABRÍCIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo da seqüência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas. In: **Encontro nacional de engenharia de produção**, n.18, 1998, Niterói. *Anais...* Niterói : UFF.TEP, 1998a. CD-ROM: il.
- FABRÍCIO, M.M., MELHADO, S. B. **A importância do estabelecimento de parcerias construtora-projetistas para a qualidade na construção de edifícios.** ENTAC 98. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998. p. 456.
- FERREIRA, A. C. M. **Entrevista.** Revista Técnica, São Paulo, set. / out. 1994.
- FONTENELLE, E. C.; MELHADO, S. B. **As melhores práticas na gestão do Processo de projeto em empresas de incorporação e construção.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00327.pdf. Acessado em: 21 de julho de 2014.
- FROSCH, R.; NOVAES, C. C. **A viabilidade de padronização e otimização de informações para desenhos eletrônicos na construção civil:** Estudo de caso. Disponível em: www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A006.pdf. Acessado em: 13 de julho de 2014.
- HADDAD, C.J. (1996). **Operationalizing the concept of concurrent engineering:** a case study from the U. S. auto industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.124-132, May.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.-E. Sources of quality failures in building. In: Bezelga, A. (Ed.); Brandon, P. (Ed.). **Management, Quality and Economics in Building**. London, E&FN Spon, 1991. (Transactions of the European Symposium on Management, Quality and Economics in Housing and other building sectors. Lisboa, 30 set. - 4 out. 1991). p.671-680.

HULL, F.M.; COLLINS, P.D.; LIKER, J.K. (1996). **Composite forms of organization as a strategy for concurrent engineering effectiveness**. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v.43, n.2, p.133-142, May.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. Tese (doutorado) São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. A qualidade através da integração entre projeto e obra nos empreendimentos habitacionais. In: Seminário **Gerenciamento Versus Desperdício**. São Paulo, 1995. *Anais...* São Paulo: Édile, 1995.

MELHADO, S.B. O papel da tecnologia de informação na coordenação de projetos de edifícios. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. ENEGEP 97, 17.,1997. Gramado. *Anais em CD-ROM*. ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1997.

MELHADO, S.B. **Coordenação de projetos na construção de edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 86p.

MIKALDO JR., J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização 2D e 3D com uso de TI**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – UFPA, Curitiba, 2006.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 5410/2004. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 5413/1992. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 5674/1999. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 15 de julho de 2014.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 5626/1998. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 6118/2014. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 7198/93. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 7229/93. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 8160/1999. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NORMA BRASILEIRA DE REGULAÇÃO. ABNT NBR 11578/1991. Disponível em: www.abnt.org.br. Acessado em: 02 de fevereiro de 2015.

NOVAES, C. C. A modernização do setor da construção de edifícios e a melhoria da qualidade do projeto. In: **Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído: Qualidade no processo construtivo**, 7., 1998. Florianópolis. *Anais...* Universidade Federal de Santa Catarina: ANTAC, 1998.

NOVAES, C. C. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. Workshop Nacional Gestão do Processo Ed Projeto na Construção de Edifícios, 2000.

PICCHI, F.A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. 426p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

POCOCK, J. B.; HYUN, C. T.; LIU, L. Y; KIM, M. K. Relationship between project interaction and performance indicators. In: **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 122, n. 2, 1997, pp. 165-176.

PROCHNOW, M.; SCHÄFFER, W.B. Pequeno Manual para Elaboração de Projetos. **Instituto Socioambiental – ISA**. Jul. 2001.

RAGATZ, G.L.; HANDIFIELD, R.B.; SCANNELL, T.V. (1997). Success factors for integrating suppliers into new product development. **Journal of Product Innovation Management**, v.14, n3, p.190-202.

SANTOS, A. POWELL, J. FORMOSO, C. T. Transferência de “*Know-How*” no Ambiente da Construção Civil. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Qualidade no Processo Construtivo**. 27 a 30 de abril, 1998, Florianópolis, UFSC, VOL II. 801p. p.9-17.

SEBRAE / SINDUSCON. **Diretrizes gerais para compatibilização de projetos**. Curitiba: SEBRAE, 1995. 120p.

SILVA, E. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre : Ed. Da Universidade/UFRGS, 1998.

SMITH, R. P. The Historical Roots of Current Engineering Fundamentals. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 44, n. 1, February 1997.

SOUZA, R. et al. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini, 1995. 247p.

SPRAGUE, R. A.; SINGH, K. J.; WOOD, R. T. Concurrent Engineering In Product Development. **Journal IEE Design & Test**. Vol. 8, p. 6-13, Jan.1991.

STUKHART, G. Construction management responsibilities during desing. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE. v.113, n.1, Texas University, March, 1987.

VANNI, C. M. K. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios.** Dissertação (Mestrado para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção). Belo Horizonte –Minas Gerais, 1999.

YOUSSEF, M. Design for manufacturability and time to market. **International Journal & Production Management**, p.21, 1994.

