Pós-Graduação em Ciência da Computação

Sylvio Elias Freire

SECEPC: Processo de Coleta Confiável de Informações para Emissão de Etiquetas de Eficiência Energética para Edificações

Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
http://cin.ufpe.br/~posgraduacao

Recife
2020

Sylvio Elias Freire

SECEPC: Processo de Coleta Confiável de Informações para Emissão de Etiquetas de Eficiência Energética para Edificações

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Engenharia de Software
Orientador: Ricardo Massa
Coorientador: Daniel Cóstola

Recife
2020

Catalogação na fonte
Bibliotecária Monick Raquel Silvestre da S. Portes, CRB4-1217

F866s Freire, Sylvio Elias
SECEPC: processo de coleta confiável de informações para emissão de etiquetas de eficiência energética para edificações / Sylvio Elias Freire. – 2020.
87 f.: il., fig., tab.

Orientador: Ricardo Massa.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, Recife, 2020.
Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia de software. 2. Eficiência energética. I. Massa, Ricardo (orientador). II. Título.

005.1 CDD (23. ed.) UFPE - CCEN 2020 - 153

Sylvio Elias Freire

“SecEPC: Processo de Coleta Confiável de Informações para Emissão de Etiquetas de Eficiência Energética para Edificações”

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovado em: 13 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Alex Sandro Gomes
Centro de Informática / UFPE

_____

Prof. Dr. César Augusto Lins de Oliveira
Banco Interamericano de Desenvolvimento

_____

Prof. Dr. Ricardo Massa Ferreira Lima
Centro de Informática / UFPE
(**Orientador**)

Decido este trabalho à minha mãe, meu irmão e minha esposa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Ricardo Massa, pela oportunidade, confiança e conhecimentos transmitidos nessa jornada.

Ao amigo Tiago Nogueira, por está presente sempre que precisei de alguma ajuda.

A minha esposa Camilla, pela sua paciência e companheirismo em todos os momentos de dificuldades e sucessos obtidos nesta importante fase da minha vida.

Aos colegas de mestrado, pelo compartilhamento de conhecimentos e aprendizado juntos.

A todos que me ajudaram, com apoio, incentivos e motivação.

RESUMO

Existe uma tendência mundial envolvendo a conscientização para o consumo de energia elétrica eficiente. Os imóveis são os maiores vilões no gasto de energia elétrica. Vários países possuem um sistema próprio de regulação para o consumo inteligente nas residências, prédios corporativos e públicos. Um desses sistemas é a etiqueta de eficiência energética, o mesmo utilizado para medir a eficiência energética em lâmpadas e equipamentos elétricos. Porém ainda existem diversas barreiras para a emissão das etiquetas, como o custo final elevado e limitações técnicas que diminuem a exatidão e confiabilidade no resultado das etiquetas emitidas. Esta dissertação propõe um método de coleta de dados, com o fim específico para a análise de eficiência energética de residências para permitir que usuários com baixa expertise na área de arquitetura e engenharia consiga realizar o procedimento de coleta para provimento de dados requeridos por um sofisticado sistema de análise de eficiência energética utilizando o método de cálculo de simulação.

Palavras-chaves: Eficiência Energética. Medição. Simulação.

ABSTRACT

There is a worldwide trend involving awareness of efficient electricity consumption. Buildings and houses are the biggest villain in spending electricity. Several countries have their own regulation system for smart consumption in homes, corporate and public buildings. One of these systems is the energy efficiency label, the same used to measure energy efficiency in light bulbs and electrical equipments. However, there are still several barriers to the issuance of labels, such as the high final cost and technical limitations that reduce the accuracy and reliability of the result of the issued labels. This dissertation proposes a method of data collection, with the specific purpose for the analysis of energy efficiency of residential buildings to allow users with low expertise in the area of architecture and engineering to be able to carry out the collection procedure to provide data required by a sophisticated energy efficiency analysis using the simulation calculation method.

Keywords: Energy Efficiency. Measurement. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planilha de Cálculo de Desempenho 16
Figura 2 – Planilha de Cálculo de Desempenho - Envoltória 16
Figura 3 – Tela Inicial da Ferramenta iSBEM 18
Figura 4 – Certificado gerado pelo iSBM 20
Figura 5 – Fluxo Completo da Solução Proposta 25
Figura 6 – Modelagem - Fluxo Principal 27
Figura 7 – Modelagem - Fluxo de Cadastro de Sistemas de Aquecimento de Água 28
Figura 8 – Energy Labelling - Escolha do Endereço 31
Figura 9 – Energy Labelling - Módulo Residência 32
Figura 10 – Energy Labelling - Selecionar Sistema de Aquecimento de Água 32
Figura 11 – Energy Labelling - Cadastrando Aquecedor Solar 33
Figura 12 – Energy Labelling - Cadastrando Aquecedor Solar 33
Figura 13 – Energy Labelling - Cadastrando Aquecedor Solar 34
Figura 14 – Energy Labelling - Módulo Recintos 35
Figura 15 – Energy Labelling - Opções de Preenchimento do Recinto 35
Figura 16 – Energy Labelling - Geometria do Recinto 36
Figura 17 – Energy Labelling - Cadastro de Paredes 36
Figura 18 – Energy Labelling - Informações da Parede 37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de Residências com Classificação 39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO 12
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA 13
1.3 OBJETIVO GERAL 13
1.3.1 Objetivos Específicos 13

2 ETIQUETAGEM ENERGÉTICA 14
2.1 PBE EDIFICA 14
2.1.1 Regulamento Técnico 14
2.2 MÉTODO DISPONÍVEL PELO PBE EDIFICA 15
2.3 UTILIZAÇÃO EM OUTROS PAÍSES 17
2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO DE EFICIÊNCIA 21
2.4.1 Prescritivo 21
2.4.2 Simulação 22

3 FERRAMENTA DESENVOLVIDA 24
3.1 MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO 24
3.2 SOLUÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA 24
3.3 DETALHES DA SOLUÇÃO PROPOSTA 25
3.4 PLANTA BAIXA 25
3.5 MODELAGEM DA SOLUÇÃO 25
3.6 ALGORITMO VALIDADOR DE CONDIÇÃO DE CONTORNO 29
3.7 EQUIPAMENTOS E REQUISITOS 29
3.8 TIPOS DO USUÁRIOS 29
3.9 APLICATIVO MÓVEL 30

4 AVALIAÇÃO E MELHORIA DA SOLUÇÃO DE COLETA DE DADOS 38
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS 38
4.2 COLETA DE DADOS 38
4.3 EQUIPE DE COLETA 39
4.4 TESTE DO APLICATIVO MÓVEL 39

5 ANÁLISE DE RESULTADOS DO EXPERIMENTO 40
5.1 CLASSIFICAÇÃO DE ERROS 40
5.2 CONCLUSÃO DOS TESTES 42
5.3 SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS 42
5.3.1 Priorização dos Problemas 42

5.3.2 Melhorias implementadas 42

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 44
6.1 CONCLUSÕES 44
6.2 TRABALHOS FUTUROS 44
6.3 AMEAÇAS À VALIDADE 45

REFERÊNCIAS 46

APÊNDICE A – PROTOCOLO PARA UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO ENERGING LABELLING V1.0.0 49

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS MANUAL V1.0.0 53

APÊNDICE C – FLUXOGRAMAS DOS PROCESSOS PARA DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL . 54

APÊNDICE D – ALGORITMO DE ANÁLISE DA CONDIÇÃO DE CONTORNO DOS RECINTOS 76

APÊNDICE E – DIGRAMA DE ENTIDADES E SEUS RELACIONAMENTOS 77

APÊNDICE F – EXEMPLO DE ARQUIVO NO FORMATO JSON GERADO PELO APLICATIVO MÓVEL 80

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o contexto e motivação para o desenvolvimento desta dissertação, introduz a questão de pesquisa a ser explorada, bem como os objetivos do trabalho.

1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A população mundial está crescendo, entre os anos de 1800 e 2005 seu número mais que duplicou, de 1 bilhão saltou para 2.5 bilhões de pessoas. A estimativa para 2070 é que esse número cresça oito vezes (BONGAARTS, 2009). Com essa superlotação em nosso planeta, o consumo de recursos naturais aumenta, sendo necessário se precaver para evitar um colapso ambiental (PIMENTEL et al., 1994). O crescimento populacional e econômico contribui diretamente com o aumento do consumo de energia, sendo um dos maiores desafios do século XXI conseguir fornecer energia limpa, segura e sustentável (LEWIS; NOCERA, 2006).

Existem alguns métodos para a utilização inteligente e eficaz da energia. Um deles, é o certificado de desempenho energético, EPC (*Energy Performance Certificate*), que consiste em avaliar a eficiência energética dos imóveis. O EPC fornece informações aos consumidores que planejam comprar ou alugar imóveis. As informações do certificado incluem a classificação de desempenho de consumo energia e recomendações para melhorias econômicas. A comissão de energia da União Europeia exige que os certificados sejam incluídos em todos os anúncios de mídia comercial quando um imóvel é colocado à venda, para aluguel e quando um edifício está sendo construído (EUROPEAN COMISSION, 2014).

A análise do EPC é baseada nos tipos de moradia e equipamentos relevantes (sistemas de resfriamento e aquecimento, isolamento de paredes e vidros, entre outros) (REINO UNIDO, MINISTRY OF HOUSING COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, 2007). Os selos de energia, consequentemente, geram concorrência entre as construtoras, aumentando seus esforços na idealização e implantação dos imóveis com foco na eficiência energética. Para a avaliação desse certificados, fiscais visitam os imóveis e fazem vários testes e análises.

Os preços para obtenção de uma etiqueta informados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), para edificações comerciais, de serviços e públicas, podem variar de R$ 11.000,00 (onze mil reais) a R$ 22.000,00 (vinte e dois mil reais). Esses preços correspondem à avaliação de projeto pelo método prescritivo e abrangem edificações entre 500m² e 15.000m². Os cálculos dos custos dependem do escopo pretendido, do tamanho e da complexidade do imóvel. Devem ser estimados também os custos de logística durante as inspeções da obra construída (PBE EDIFICA, 2007). O custo alto de tais procedimentos decorre, em grande medida, da necessidade de profissionais altamente capacitados para a realização do serviço. Dois métodos são utilizados para re-

alizar os cálculos de eficiência energética em imóveis, o método prescritivo e o método de simulação. O método de simulação consegue ser superior, pois utiliza um número maior de variáveis para analisar a eficiência do imóvel. Por este motivo, o método de simulação será utilizado nesta pesquisa.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

É possível desenvolver um mecanismo de coleta de dados de residências que requeira baixa capacitação dos operadores e que, ao mesmo tempo, permita gerar as informações para um sofisticado sistema de cálculo de eficiência energética baseado no método de simulação?

1.3 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um método de coleta de dados, com o fim específico para a análise de eficiência energética de residências para permitir que usuários com baixa *expertise* na área de arquitetura e engenharia consiga realizar o procedimento de coleta para provimento de dados requeridos por um sofisticado sistema de análise de eficiência energética via simulação.

1.3.1 Objetivos Específicos

1. Fazer um levantamento de como entidades internacionais realizam o processo de coleta de dados para medir a eficiência energética predial.
2. Elaborar um processo de coleta que seja intuitivo para que pessoas sem *expertise* possam realizar a coleta.
3. Identificar falhas e possíveis melhorias no processo de coleta elaborado.

2 ETIQUETAGEM ENERGÉTICA

Este capítulo abordará o funcionamento da emissão de etiquetas de eficiência energética para imóveis no Brasil, União Europeia e Estados Unidos. Por fim, apresentará os dois métodos de cálculos de eficiência energética utilizado na emissão da etiqueta.

2.1 PBE EDIFICA

O PBE Edifica, delegado pelo INMETRO, determina os requisitos de desempenho estabelecidos em normas e equipamentos técnicos (PBE EDIFICA, 2007). A etiqueta conceitua o potencial econômico de energia daquela edificação no período de projeto ou na fase de construção do imóvel, viabilizando o conhecimento do nível de eficiência energética das edificações.

Atualmente, as edificações públicas federais de administração direta, autárquica e fundacional, são as únicas com obrigatoriedade de manutenção de registros de etiquetas de eficiência energética, tanto para novas construções como para reformas. Os demais tipos de edifícios, a etiquetagem é voluntária. O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) afirma que a obrigatoriedade deverá ser aplicada para edificações públicas até 2020, comerciais e de serviços até 2025 e residenciais até 2030 (PBE EDIFICA, 2007).

Para obter a Etiqueta PBE Edifica é necessário contatar um OIA - Organismo de Inspeção Acreditado. Os OIAs são formados por pessoas jurídicas, de direito público ou privado, com competência reconhecida formalmente pela Cgcre - Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro. A autorização de OIAs é efetuada pela Divisão de Acreditação de Organismos de Certificação (Dicor/Inmetro), que realiza as atividades para reconhecer a competência técnica dos organismos de avaliação da conformidade que executam certificações de produtos, sistemas de gestão, pessoas, processos ou serviços. Para isto, utiliza programas de acreditação, estabelecidos em Normas, cujos requisitos devem ser atendidos plenamente pelos solicitantes. Esta acreditação engloba as modalidades: produtos, pessoas e sistemas de gestão. Para o PBE, o OIA é legalmente habilitado a emitir Etiquetas, segundo o seu escopo de acreditação (PBE EDIFICA, 2007). Atualmente só existem três OIAs ativos no Brasil. Eles ficam nas cidades de São Paulo (SP), Pelotas (RS) e Natal (RN) (INMETRO, 200-). Como os OIAS's são organizações privadas, não se tem informações de como seus processos para a emissão de etiquetas de eficiência energética em edifícios funcionam.

2.1.1 Regulamento Técnico

O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) foi criado em 2009 pelo Inmetro, com o

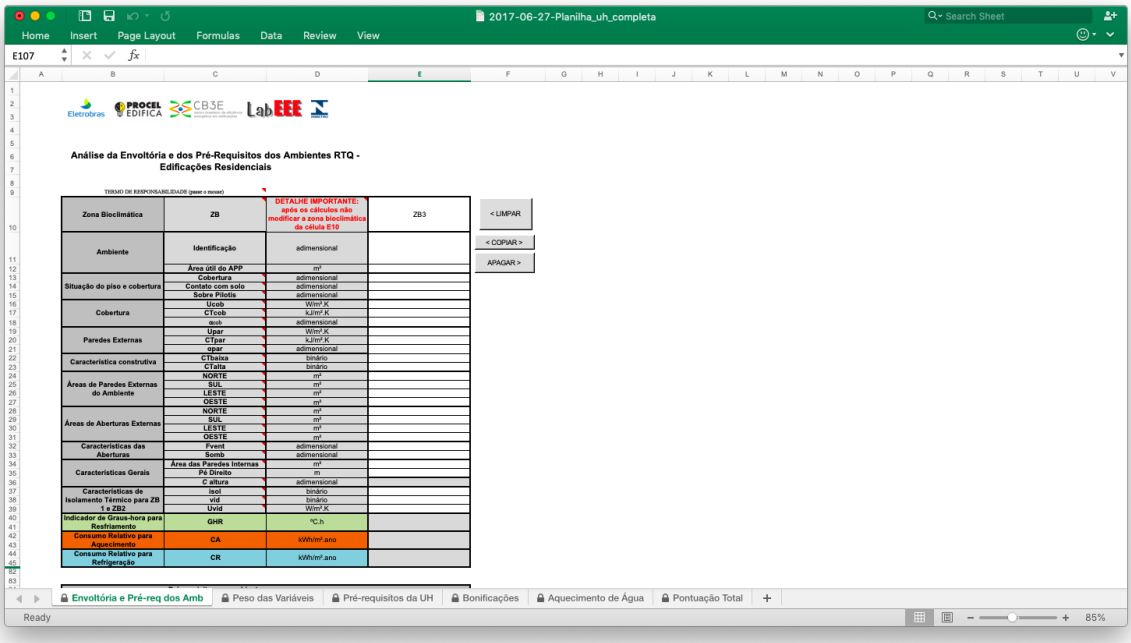
intuito de definir os requisitos técnicos e métodos necessários para a obtenção da etiqueta energética. Os cálculos de eficiência energética podem ser realizados através do método prescritivo ou pelo método de simulação (INMETRO, 2013). O RTQ-C disponibiliza as fórmulas com as variáveis necessárias para a realização dos cálculos nos dois métodos, porém apenas o método prescritivo é disponibilizado com orientações documentadas pelo PBE Edifica para a emissão de uma etiqueta de eficiência energética.

2.2 MÉTODO DISPONÍVEL PELO PBE EDIFICA

O órgão responsável pela orientação e racionalização do uso de energia, INMETRO, criou em 1984, o Programa Brasileiro de Etiquetagem, que se preocupa em passar informações a respeito do consumo de energia dos equipamentos elétricos (PBE EDIFICA, 200-). Um de seus setores cuida das orientações relacionadas ao consumo de energia dos imóveis, o PBE Edifica. O PBE Edifica, organizou e criou etiquetas semelhantes às dos equipamentos elétricos obtidas pelo PBE e disponibilizou informações necessárias para realizar a medição e obter a classificação de eficiência energética do imóvel (PBE EDIFICA, 201?). O PBE Edifica oferece uma planilha eletrônica e manuais em texto e vídeo, com as instruções para o seu correto preenchimento. Alguns requisitos são necessários para realizar o preenchimento da planilha: Ter em mãos a planta baixa do imóvel; O coletor deve possuir noções de arquitetura e engenharia civil, pois vários aspectos técnicos são perguntados durante o preenchimento da planilha.

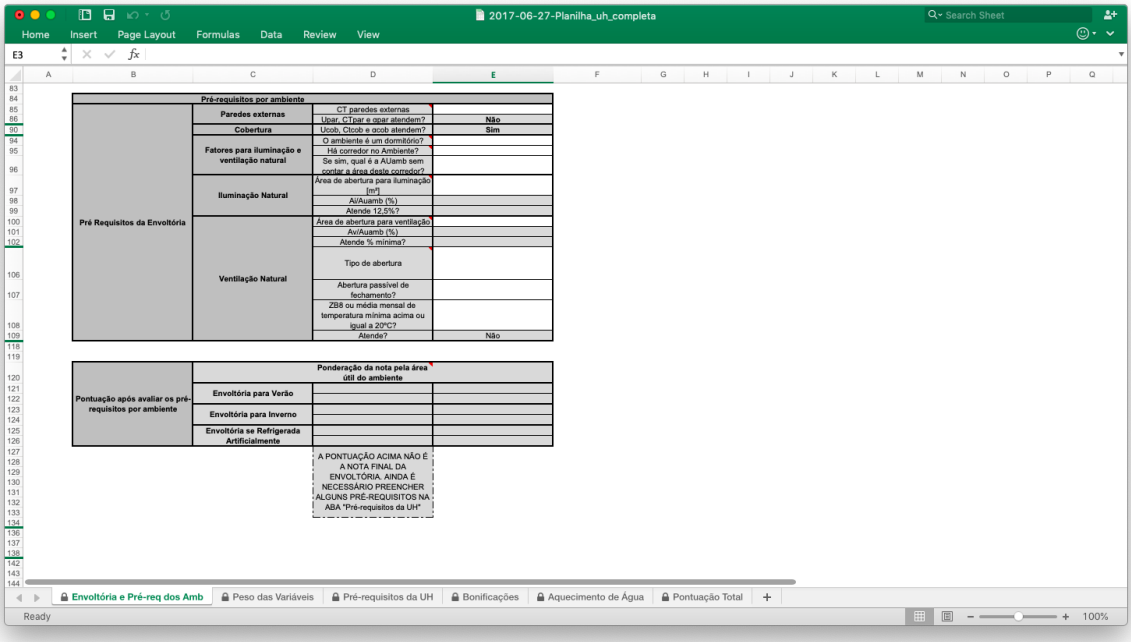
Após a inserção das informações, a planilha informa a classificação do imóvel. Nas Figuras 1 e 2 é possível visualizar a primeira etapa do preenchimento da planilha eletrônica. É necessário preencher a coluna "E" n vezes, onde n é equivalente ao número de recintos existentes na residência.

Figura 1 – Planilha de Cálculo de Desempenho



Fonte: (PBE EDIFICA, 201?)

Figura 2 – Planilha de Cálculo de Desempenho - Envoltória



Fonte: (PBE EDIFICA, 201?)

2.3 UTILIZAÇÃO EM OUTROS PAÍSES

A União Europeia possui um comitê que regulamenta o consumo de energia dos imóveis antigos e em construção. Em 2002 o Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) foi criado e, com ele, um conjunto de regras e orientações foram escritas para otimizar a utilização de energia.

Energy Performance Certificates (EPCs), parte integrante do EPBD, são certificados que atestam e auxiliam a otimização do desempenho dos edifícios (ARCIPOWSKA et al., 2014).Os EPCS apresentam quanto os imóveis são eficientes ou ineficientes em relação a quantidade de energia necessária para prover aos usuários condições de conforto e funcionalidade. Os níveis de eficiência dependem de um conjunto de fatores, como o design do edifício, clima do local, materiais e métodos usados na construção; instalação de sistemas de aquecimento, ventilação, ar condicionado, e dispositivos e equipamentos para auxiliar a utilização do prédio para os usuários (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2010).

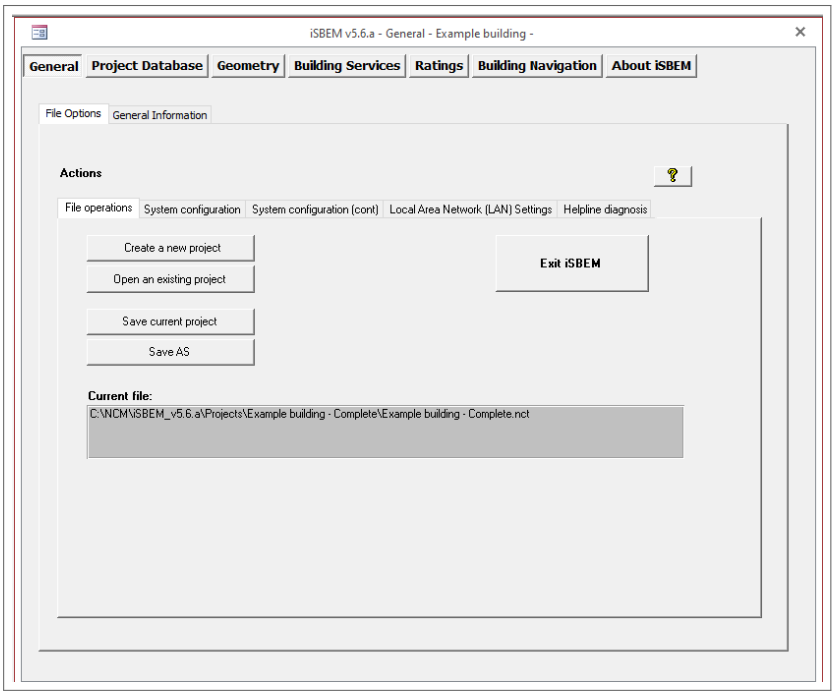
Recentemente, as diretivas (2010/31/EU) e (2012/27/EU) foram acrescentadas a um livro de regras chamado *Clean Energy For All Europeans Package*, que foi considerado um grande passo no auxílio da transição na utilização de combustíveis fósseis para energia limpa (EUROPEAN COMISSION, 2017).

Todos os países da União Europeia possuem um sistema de controle independente para relatórios de inspeção e a emissão de certificados de eficiência energética de edifícios. (EUROPEAN COMISSION, 200-). É necessário que um inspetor visite o imóvel que está solicitando a etiqueta. Este inspetor precisa ser um profissional qualificado na área de construção com cursos especializados ou ter alguma formação na área de construção para poder ter um licença e realizar as inspeções (CITY & GUILDS, 2019).

No Reino Unido é utilizado o *Simplified Building Energy Model* (SBEM), uma ferramenta de software do tipo *desktop*, que fornece uma análise do consumo de energia de um edifício, estimando o uso mensal e anual de energia e as emissões de dióxido de carbono de um edifício não doméstico. O SBEM foi desenvolvido pelo grupo de pesquisas BRE para o Departamento de Comunidades e Governo Local. O SBEM utiliza uma metodologia de cálculos própria, a *National Calculation Methodology* (NCM), criada pelo Reino Unido para atender as exigências locais do EPBD. Segundo seu manual técnico, os métodos de cálculos já estabelecidos não atendiam os requisitos para a análise de eficiência energética junto com a emissão de dióxido de carbono carbono dos edifícios (COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, UNITED KINGDOM, 2015), sendo necessário desenvolver uma metodologia própria para a realização dos cálculos. . A versão mais recente da ferramenta SBEM e sua interface de usuário, iSBEM, podem ser baixadas gratuitamente no site do Grupo BRE (BRE GROUP, 200-).

A Figura 3 apresenta a primeira tela de entrada de dados da ferramenta iSBEM, disponível apenas para sistemas operacionais *Microsoft Windows*. O *software* é composto por várias abas, e cada uma delas possui vários módulos e submódulos, aumentando a

Figura 3 – Tela Inicial da Ferramenta iSBEM



Fonte: *print screen* do *software* iSBEM

complexidade em utilizá-lo. Por ter esse número alto de entrada de dados, é necessário que o inspetor tenha coletado todas as informações da residência e às salvo em algum local, como um relatório de papel, antes de inseri-las no iSBEM. É necessário também ter a planta baixa da residência, pois a ferramenta não disponibiliza essa informação.

Após a coleta das informações, o software SBEM realiza os seguintes procedimentos:

1. calcula os requisitos de energia de iluminação de maneira padronizada, levando em consideração área envidraçada, sombreamento, fonte de luz e controle de iluminação.

2. estabelece o aproveitamento de calor e umidade em cada área de atividade, a partir de um banco de dados.

3. calcula os fluxos de energia térmica entre cada área de atividade e o ambiente externo.

4. aplica eficiências apropriadas dos sistemas de aquecimento, resfriamento e ventilação para determinar os requisitos de energia fornecidos para manter as condições térmicas.

5. unifica toda energia fornecida pela fonte e a converte em emissões equivalentes de dióxido de carbono (CO2), incluindo a Taxa de Emissão de Edifícios (*Building Emission Rate* - BER).

6. determina as emissões de CO2 de um edifício fictício com a mesma geometria, uso, ganhos de calor, temperatura, condições de iluminação e ventilação e clima, mas com a construção de componentes de edifícios, sistemas de climatização e iluminação, conforme as especificações dos regulamentos de construção relevantes.

7. obtém as emissões de CO2 do edifício fictício o resultado de sua taxa alvo de emissão (*Target Emission Rate* - TER).

8. determina as emissões de CO2 de um edifício de referência, que possui condições fixas de ventilação e refrigeração e combustível para aquecimento de ambiente e água.

9. aplica um fator de melhoria fixo a cada zona do edifício de referência e obtém a taxa de emissão padrão (*Standard Emission Rate* - SER) resultante.

Os cálculos de BER e TER são entregues ao módulo de verificação de conformidade, BRUKL, para concluir a avaliação. Os relatórios então são preparados para fornecer a comparação entre BER e TER e confirmação da verificação de conformidade elementar. Os cálculos de BER e SER também são entregues ao módulo gerador de certificado de desempenho energético, EPCgen, para fornecer a certificação de classificação energética. Os resultados intermediários produzidos pelo SBEM são disponíveis, em formato eletrônico, para auxiliar nas verificações de diagnóstico do edifício proposto:

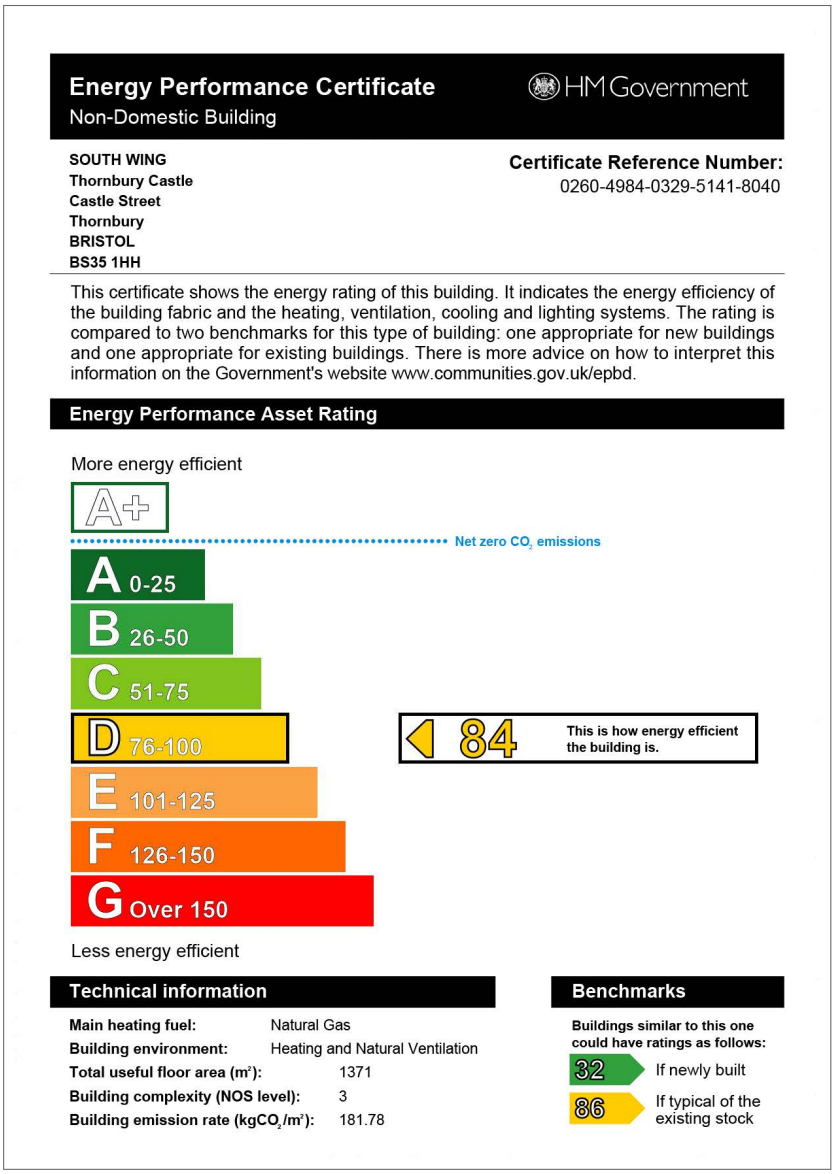
1. reflexão de dados (para confirmar a entrada associada aos resultados).

2. perfis mensais de uso de energia por cada uso final e seu tipo de combustível.

3. uso total de eletricidade e combustíveis fósseis, e as emissões de dióxido de carbono.

Na Figura 4 é possível ver o certificado gerado pelo iSBM. Além de exibir as informações da classificação, ele apresenta também as informações técnicas, como o principal combustível utilizado na residência, uso total de pavimento em metros quadrados e o *Benchmarks*, comparando a classificação de imóveis similares ao avaliado.

Figura 4 – Certificado gerado pelo iSBM



Fonte: (BAKERLILE PROPERTY COMPLIANCE & MARKETING, 200-)

Na América do Norte o programa comercial *Residential Energy Services Network* (RESNET) desenvolveu padrões de acordo com o Código Internacional de Conservação de Energia (*International Energy Conservation Code* - IECC), Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* - ASHRAE) e Organização Internacional de Padronização (*International Organisation for Standardisation* - ISO) para fornecer orientações sobre comparabilidade e transparência nos processos de certificação. O RESNET credencia *softwares* para a realização de avaliação da eficiência energética nos imóveis. É necessário o pagamento de uma taxa de inscrição, e caso seja aprovado, o pagamento de uma licença anual para a sua liberação (RESIDENTIAL ENERGY SERVICES NETWORK, 2019b). Atualmente existem 3 empresas com softwares acreditados pela RESNET. Apenas

uma assume que utiliza o método de simulação em seu software para *desktop*, a REM/-Rate. A Ekotrope disponibiliza aplicativos para *mobile* e *desktop*. A *EnergyGauge* permite a utilização de sua ferramenta apenas para *desktop* em modo limitado para uso em 30 dias. Para as demais, é necessário a compra de uma licença para a utilização (RESIDENTIAL ENERGY SERVICES NETWORK, 2019a).

Em Portugal, para a certificação de energia em edifícios, é utilizada a implementação nacional de acordo com o EPBD. Os edifícios são avaliados duas vezes com a metodologia de cálculo para mostrar conformidade com os regulamentos de construção, primeiro ao solicitar uma licença de construção e novamente após a conclusão por um avaliador treinado a conclusão para fornecer uma classificação energética do edifício. Para pequenos edifícios não residenciais e edifícios residenciais é utilizada uma ferramenta de software, desenvolvida pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI). Esse ferramenta pode ser utilizada pelo Sistema de Certificação Energética dos Edíficios (SCE) ou por algum programa comercial. Para edifícios grandes e não residenciais, ferramentas comerciais de software de modelagem de simulação dinâmica em conformidade com a norma ASHRAE 140-2004 são usadas para mostrar conformidade com os requisitos de regulamentação da construção e calcular a classificação de eficiência energética de um edifício por meio de simulações em horários diferentes em todo o ano. Bases de dados nacionais de dados climáticos anuais são publicadas por Portugal e devem ser usadas para demonstrar a conformidade com as normas de construção (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2010).

2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO DE EFICIÊNCIA

Este tópico abordará os dois métodos de cálculo de eficiência energética: prescritivo e simulação.

2.4.1 Prescritivo

O método prescritivo é caracterizado pelo uso de valores previamente definidos, apresentando uma lista específica de recursos e itens que devem ser atendidos para a conformidade, sem desvios permitidos. A princípio este método aparenta ser mais simples e fácil de ser utilizado, porém, ele possui uma lista rígida de itens obrigatórios oferecendo pouca flexibilidade na abordagem de design ou na seleção de materiais para atender às necessidades do imóvel (SCOTT HOME INSPECTION, 2019). Na maior parte do mundo, o método prescritivo é indicado para ser utilizado junto com um método de análise de desempenho da eficiência energética, contudo, essa combinação de métodos proporciona vários fatores que afetam a forma de analisar a eficiência energética do imóvel, como, variação no uso da energia, dificuldade em rastrear o progresso na evolução ou mudança dos parâmetros utilizados, os métodos de desempenho não conseguem acompanhar as mudanças do mé-

todo prescritivo, rendimentos decrescentes e projeções de melhorias com possibilidades de não serem realizadas (ROSENBERG; HART, 2014).

Além disso, o método prescritivo não é indicado para analisar as variâncias de luz natural relacionadas ao Percentual de Abertura na Fachada (PAF) (INMETRO, 2013), impossibilitando reconhecer alguns padrões que ajudam no desempenho do consumo energético (FAGUNDES, 2012).

2.4.2 Simulação

Os imóveis são um dos maiores consumidores de energia do planeta, consumindo cerca de 40% da energia do planeta (HARISH; KUMAR, 2016). Esse consumo de energia, em sua maioria, é proveniente de serviços para seus ambientes, como aquecimento, ventilação, condicionamento de ar e iluminação. Esses serviços, por sua vez, são dependentes de energia elétrica para o funcionamento e são a principal fonte de consumo de energia elétrica dos imóveis. Com isso, é importante analisar e medir o desempenho desses serviços para atingir um melhor aproveitamento do consumo de energia elétrica.

Para analisar a performance de um imóvel é necessário avaliar o desempenho dos sistemas essenciais (aquecimento, ventilação, condicionamento de ar e iluminação) e dos seus componentes construtivos, como paredes, janelas e telhados, em conjunto como um sistema unificado do imóvel. Um método disponível que consegue analisar os aspectos desses serviços é o método de simulação (HONG; CHOU; BONG, 2000).

A Agência Internacional de Energia (IEA - *International Energy Agency*) incentivou e financiou várias pesquisas sobre a utilização do método de simulação para aumentar a eficiência energética dos edifícios. Hoje, a IEA *Energy Conservation in Buildings and Community Systems* (ECBCS) disponibiliza 35 anexos, estimulando o uso do método de simulação, classificando-o como uma das principais tecnologias que auxiliam a construção de edifícios mais eficientes em consumo de energia elétrica.

O método de simulação consiste na representação computacional de um objeto (imóvel, edifício) real em seu cenário ideal, e faz uma comparação de forma iterativa com o objeto a ser analisado, no caso, o imóvel que está emitindo a etiqueta de eficiência energética. O método de simulação consegue analisar fenômenos físicos, geométricos e aspectos temporais como clima, relacionados a unidade habitacional (MAHDAVI, 2004), sendo um método amplamente estudado e incentivado para o cálculo de eficiência energética em construções. Uma das técnicas utilizadas para realizar a simulação de imóveis é a *Building Perfomance Simulation* (BPS), que utiliza modelos matemáticos computacionais para representar as características físicas, funcionamento real ou almejado e planos de controle de energia do imóvel. O BPS calcula os fluxos de energia, fluxo de ar, utilização de energia, conforto térmico e demais indicadores de qualidade interna, como iluminação (HONG; LANGEVIN; SUN, 2018).

A simulação possui algumas vantagens, como: prever o desempenho do objeto; auxiliar a tomada de decisão fornecendo várias soluções para a resolução e otimização de problemas; permite avaliar decisões sem interrupção ou uso do sistema real; reduz riscos, permitindo avaliar vários cenários possíveis para formulação de contingências; fornece medidas de desempenho e estimativas de custo; atua como ferramenta de comunicação, fornecendo animações computacionais para auxiliar a entender o comportamento do objeto analisado (GREASLEY, 2008).

As etapas para a realização de uma simulação consistem em:

1. Identificar as principais características do objeto para obter o nível de complexidade e tempo de processamento computacional da simulação. É dividido em modelagem geométrica, modelagem numérica e restituição gráfica de resultados.

2. Coletar todos os dados necessários para definir o modelo do imóvel. Estes dados são divididos como perfis de ocupação, iluminação, equipamento elétrico, ventilação, ajuste de temperatura, sombreamento, brilho, transparência, modelagem geométrica, zona termal e planta.

3. Criar modelo geométrico, definir o modelo numérico e obter a saída correta da simulação.

4. Coletar de forma gráfica as simulações produzidas e apresentar alguma proposta de representações gráficas.

As informações necessárias para realizar os cálculos através do BPS são (GOVERNMENT OF INDIA, MINISTRY OF POWER, 2010):

- Localização geográfica e seu clima;
- Geometria do imóvel, planta e sua elevação;
- Materiais construtivos utilizados nas paredes, janelas e telhados;
- Iluminação natural, a tecnologia utilizada e seu controle;
- Horas de utilização dos recintos;
- Quantidade de moradores;
- Equipamentos elétricos utilizados;
- Tipo e quantidade de lâmpadas;
- Tipos e controle de sistemas de aquecimento. ventilação e condicionamento de ar;
- Distribuição do aquecimento, ventilação e condicionamento de ar;

3 FERRAMENTA DESENVOLVIDA

Este capítulo apresentará detalhes do funcionamento do método de cálculo escolhido e explanará todo o processo de execução do método criado nesta pesquisa.

3.1 MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO

O Brasil, com o PBE Edifica, não estabelece um método obrigatório para calcular as informações referentes ao edifício ou residência em questão. O PBE Edifica junto com o RTQ-C apresenta como possibilidade dois métodos, prescritivo e de simulação, para a geração da etiqueta de eficiência energética, ou a utilização dos dois em conjunto. A literatura, como também o RTQ-C, apresentam o método de simulação como mais completo, podendo analisar outros aspectos, com projeções temporais e suas variações que ocorrem em intervalos regulares dentro de um período predeterminado. Outro aspecto que apenas o método de simulação é capaz de calcular, é a incidência de luz solar que os recintos recebem, gerando impacto direto em qual tipo de luz artificial se faz necessária utilizar naquele recinto. Por esses motivos, foi escolhido o método de simulação para a realização dos cálculos das informações lidas pela solução proposta por este estudo.

Para a realização dos cálculos dos dados coletados pela ferramenta proposta foi utilizado um simulador desenvolvido pelo Dr Prof Daniel Cóstola, da Universidade de Strathclyde, localizada na Escócia.

3.2 SOLUÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA

A solução proposta tem como objetivo diminuir ou eliminar os pontos negativos existentes no método oferecido pelo PBE Edifica. Seus pontos negativos identificados foram:

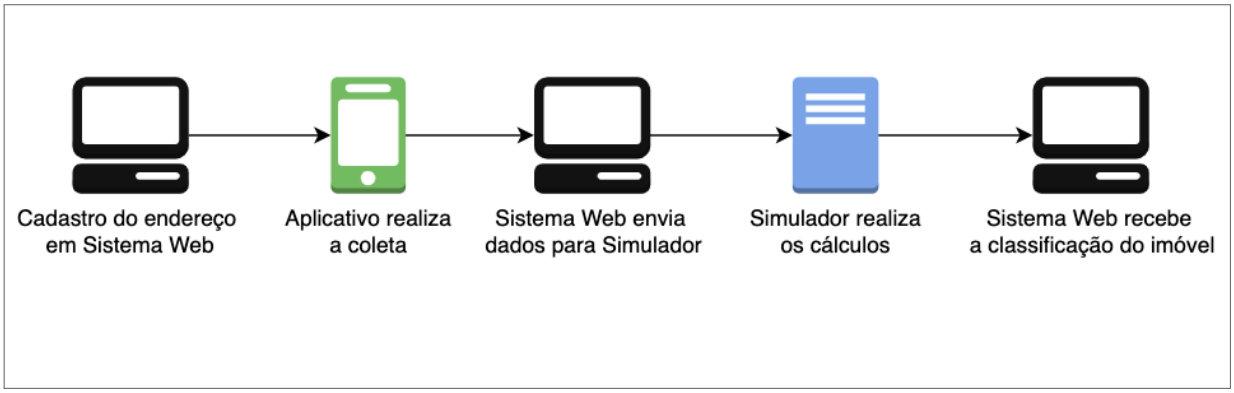
- necessidade de ter a planta baixa do imóvel para emissão da etiqueta;
- o coletor dos dados precisa ser especialista nas áreas de arquitetura ou engenharia civil;
- falta de segurança em relação aos dados coletados, pois os peritos podem alterar os dados para gerar etiquetas com classificações falsas;
- baixa precisão do processo de cálculo que é realizado por um processo puramente analítico, sem levar em conta, por exemplo, iluminação e aspectos temporais como clima.

3.3 DETALHES DA SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução proposta por este estudo consiste na elaboração de vários processos de coleta de dados, em formato de fluxogramas, para auxiliar no desenvolvimento de um aplicativo para celular, que por sua vez realizará a coleta de dados nos imóveis.

Para a conclusão de todo o processo de emissão da etiqueta foi proposta a utilização de um sistema *web* para receber o primeiro contato do cliente e o pedido de uma visita para a inspeção em sua residência. Um inspetor visitará o imóvel e fará a coleta das informações através de um aplicativo móvel que por sua vez enviará de volta para o sistema *web* as informações coletadas. O sistema *web* enviará os dados coletados para um programa simulador que será responsável em realizar os cálculos matemáticos para a obtenção da etiqueta do imóvel analisado. E por fim, o simulador retornará os dados para o sistema *web* poder exibir o resultado da etiqueta para os usuários envolvidos. A Figura 5 exibe o fluxo completo da solução proposta por este estudo.

Figura 5 – Fluxo Completo da Solução Proposta



Fonte: Autor

3.4 PLANTA BAIXA

Planta baixa é uma representação gráfica de um plano, contendo a configuração das paredes, pilares, dimensões de espaços, aberturas de janelas, conexões entre os cômodos e do interior com o exterior (CHING; SALVATERRA, 2017). Para a realização da coleta não é necessário ter a planta baixa do imóvel, uma vez que o aplicativo recebe todas as informações necessárias para a geração de uma planta baixa. Com a planta baixa em mãos o processo de coleta pode ser facilitado, pois o inspetor terá informações de todo o imóvel antes mesmo de iniciar a coleta.

3.5 MODELAGEM DA SOLUÇÃO

Uma modelagem baseada em fluxogramas foi desenvolvida na fase inicial da solução proposta. Os fluxogramas são documentos gráficos de fácil visualização e auxiliam o enten-

dimento do fluxo e lógica envolvidos no desenvolvimento do aplicativo móvel para a coleta de dados (BREEZETREE, 2020). A Figura 6 exibe o fluxo principal de todo o processo idealizado de coleta de dados para auxiliar a construção do aplicativo. Esta modelagem é formada por 24 processos e subprocessos. representadas pelo símbolo azul (quadrado ou retângulo). Para as entradas de dados manuais foi utilizado o símbolo de trapézio com a cor lilás. Para as entradas automáticas foi o utilizado o mesmo símbolo dos processos, por serem dados capturados de forma automática através de algum sensor (LUDICHART, 2020).

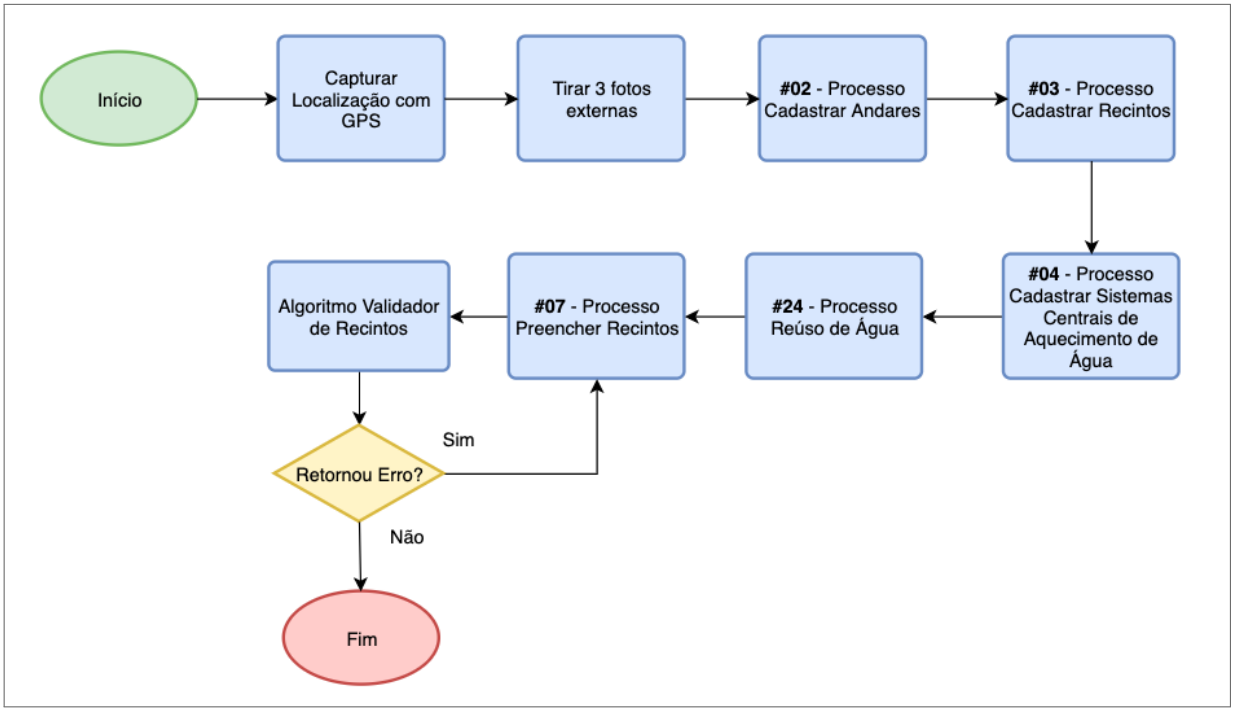
O fluxo foi desenvolvido com o objetivo de facilitar a coleta do técnico ou inspetor ao visitar o imóvel. O técnico precisará percorrer todos os cômodos do imóvel, capturando as informações de geometria e de componentes construtivos, como cor e material utilizado nas paredes, tipo de lâmpadas predominante, tamanho e materiais de janelas, caso possua. Em cada parede de cada cômodo será perguntado qual a condição de contorno daquele parede, podendo ser outro cômodo ou algum ambiente externo. O mesmo é perguntado para o piso e o teto.

Todos os fluxos foram projetados para facilitar a coleta de dados e garantir confiabilidade nas informações colhidas. Algumas entradas de dados são capturadas de forma semi-automática por funcionalidades disponibilizadas no aparelho celular. O giroscópio é utilizado para capturar o ponto cardeal do ambiente no imóvel. Com o auxílio de uma trena eletrônica com a tecnologia *bluetooth* é possível capturar as medidas de paredes e janelas, por exemplo.

A Figura 7 apresenta o fluxo para o cadastro dos sistemas de aquecimento de água. Todos os fluxo desenvolvidos estão disponíveis no Apêndice C deste trabalho.

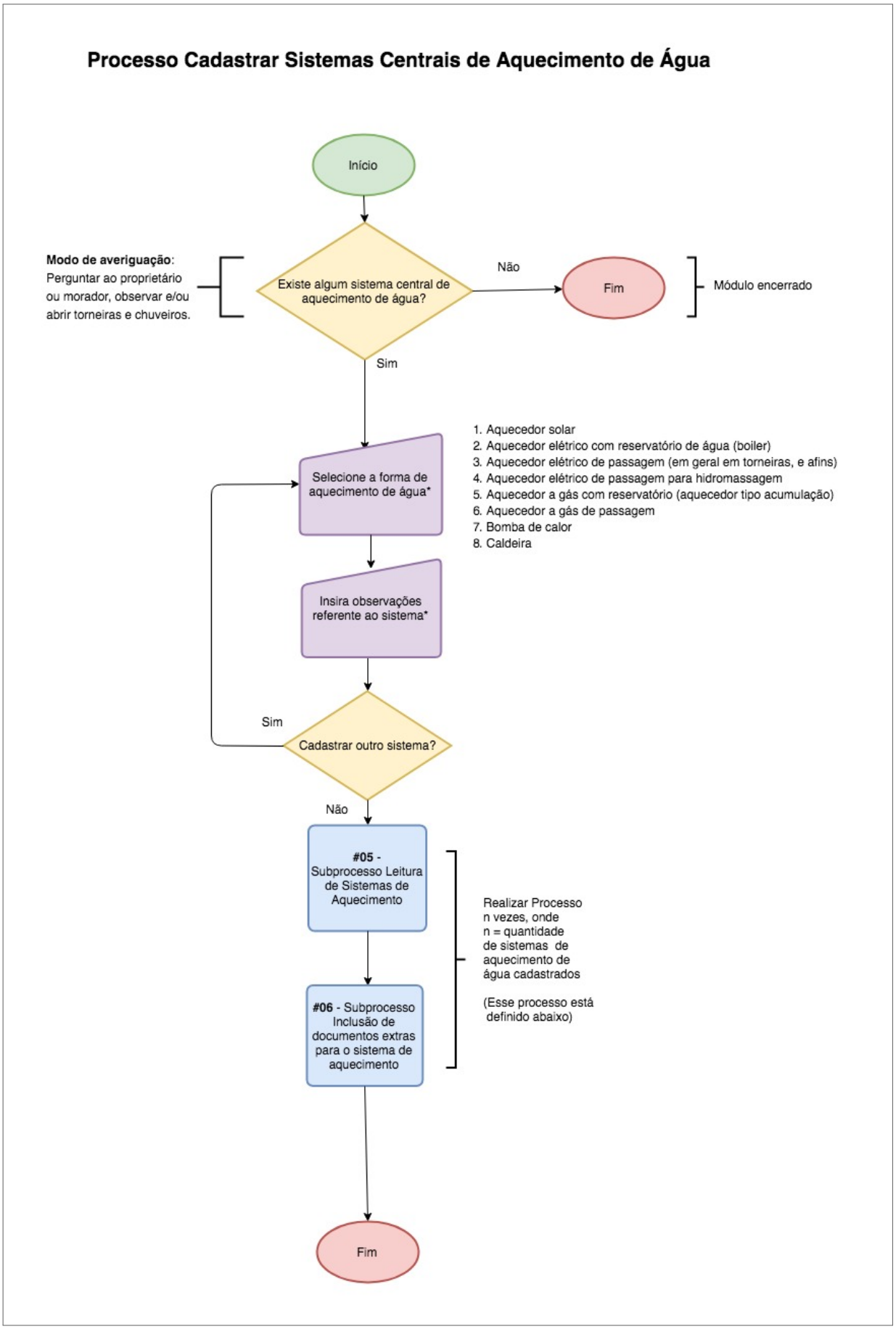
Um diagrama completo com as entidades necessárias para a utilização da solução proposta foi implementado e está disponível no Apêndice E.

Figura 6 – Modelagem - Fluxo Principal



Fonte: Autor

Figura 7 – Modelagem - Fluxo de Cadastro de Sistemas de Aquecimento de Água



Fonte: Autor

3.6 ALGORITMO VALIDADOR DE CONDIÇÃO DE CONTORNO

Foi desenvolvido um algoritmo para analisar e validar a condição de contorno de todas os recintos pertencentes à residência. Disponível no Apêndice D, o algoritmo percorre todas as paredes de cada recinto e verifica, caso o outro lado da parede também seja um recinto cadastrado, se os dois lados coincidem como condição de contorno. Caso ocorra alguma inconformidade, o algoritmo retorna uma mensagem avisando em qual parede e recinto o erro foi detectado. Essa validação aumenta a confiabilidade nas informações colhidas pelo inspetor no momento da visita ao imóvel.

3.7 EQUIPAMENTOS E REQUISITOS

Para a utilização adequada da solução proposta deve-se utilizar um dispositivo do tipo *tablet* ou *smartphone* e uma trena eletrônica com tecnologia *bluetooth* para a otimização na medição das dimensões na coleta, realizando a leitura pela trena e inserindo na entrada de dados do aplicativo. Caso não seja possível utilizar a trena eletrônica, os dados podem ser inseridos de forma manual. A função de giroscópio se faz obrigatória no dispositivo móvel. Sendo utilizada para capturar o ponto cardeal dos recintos e garantindo a confiabilidade da informação coletada.

O *tablet* ou celular deve atender os seguinte requisitos:

- sistema operacional *Android* com a versão mínima 5.0;
- tecnologia *Bluetooth*
- função giroscópio

A trena eletrônica deve atender os seguinte requisitos para a versão atual do aplicativo:

- marca Bosch;
- modelo GLM 50 C Professional;

3.8 TIPOS DO USUÁRIOS

Os métodos e ferramentas existentes que emitem a etiqueta de eficiência energética precisam de um preenchimento de informações complexas, com isso, a necessidade de usuários com alto nível de conhecimento específico na área de construção. A solução proposta por esse estudo possui o objetivo de minimizar a complexidade envolvida na coleta de dados para emissão da etiqueta de eficiência.

Para a conclusão do processo de emissão de etiqueta de eficiência energética desse estudo é necessário 3 tipos de usuários que foram definidos da seguinte forma:

1. Usuário Administrador - Pessoa responsável em cadastrar inspetores e realizar auditorias das etiquetas caso seja necessário. Se existir alguma suspeita de irregularidade por algum inspetor, esse usuário terá acesso as fotos, documentos e informações coletadas na visita ao cliente.

2. Usuário Cliente - O cliente acessará o sistema *web* para solicitar a visita de um inspetor. Após a emissão de sua etiqueta ele poderá visualizar o resultado no sistema *web*.

3. Inspetor - Pessoa que vai coletar as informações necessárias nas residências através do aplicativo para celular. É necessário que esse usuário possua um conhecimento básico em construções. A necessidade de um treinamento para esse usuário é baixa, se o mesmo possuir conhecimentos como medição de áreas, componentes construtivos, tipos de equipamentos para conforto térmico já estará apto em usar a ferramenta.

O perfil do usuário para o qual esta solução foi desenvolvida,

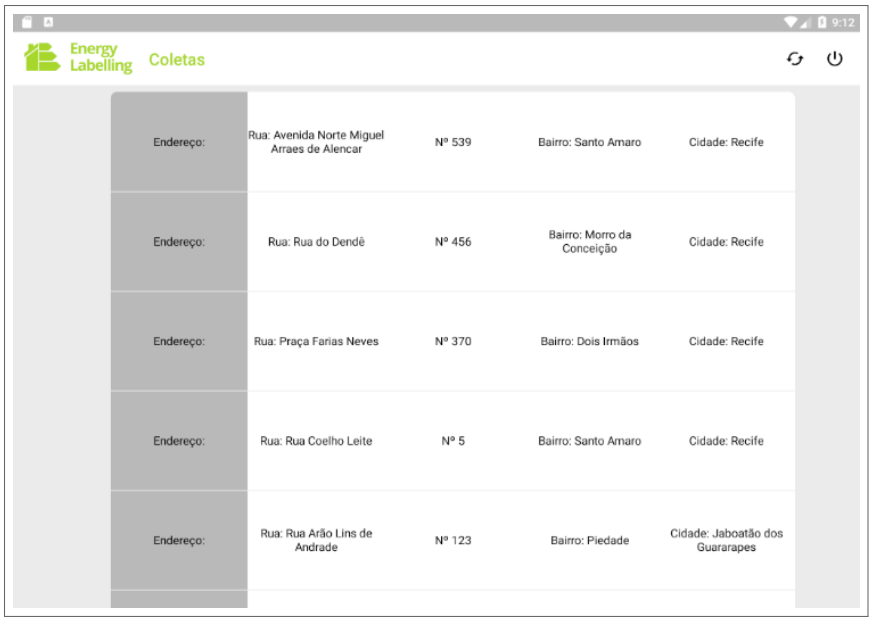
3.9 APLICATIVO MÓVEL

Nesta seção apresentaremos o aplicativo criado para solucionar os problemas observados no método manual. Em particular, estamos interessados em responder à seguinte questão: *É possível desenvolver um mecanismo de coleta de dados de residências que requeira baixa capacitação dos operadores e que, ao mesmo tempo, permita gerar as informações requeridas por um sofisticado sistema de cálculo de eficiência energética baseado no método de simulação?*

Apresentaremos nossa solução mostrando um passo a passo do funcionamento do aplicativo, que terá seus benefícios e limitações discutidos nos próximos capítulos.

Na primeira tela do aplicativo, após o técnico realizar o login com suas credenciais, exibirá uma lista dos imóveis previamente cadastrados que aquele usuário pode realizar a coleta. A lista de endereços é visualizada na Figura 8.

Figura 8 – Energy Labelling - Escolha do Endereço



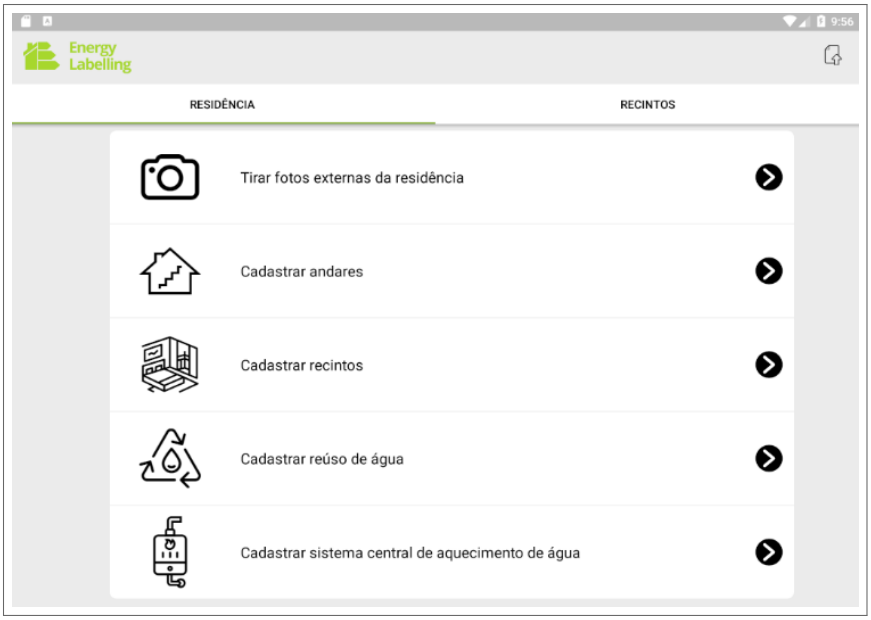
Fonte: Autor

Após selecionar o imóvel para realizar a coleta, é apresentada a tela com os dois módulos principais do aplicativo, Residência e Recintos. O primeiro é necessário para obter as seguintes informações sobre a residência:

- fotos externas da residência;
- andares presentes, para posteriormente associar cada recinto do imóvel ao seu andar;
- recintos existentes, necessário para mapear todo o imóvel para que no módulo seguinte seja realizado o cadastro das informações individuais de cada ambiente;
- reuso de água;
- sistemas centrais de aquecimento de água.

A Figura 9 exibe a tela do módulo Residência, e seus itens que devem ser cadastrados antes de avançar para o módulo Recintos.

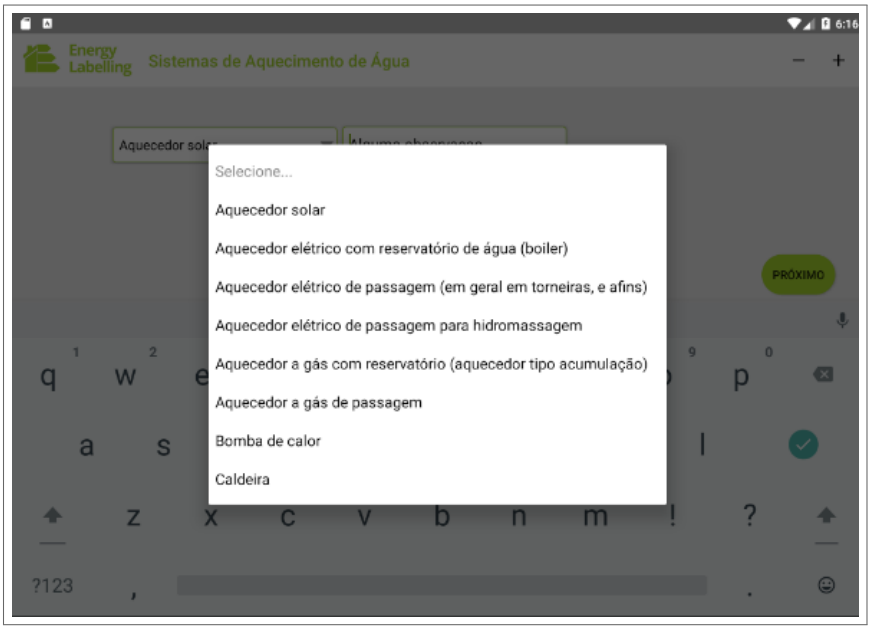
Figura 9 – Energy Labelling - Módulo Residência



Fonte: Autor

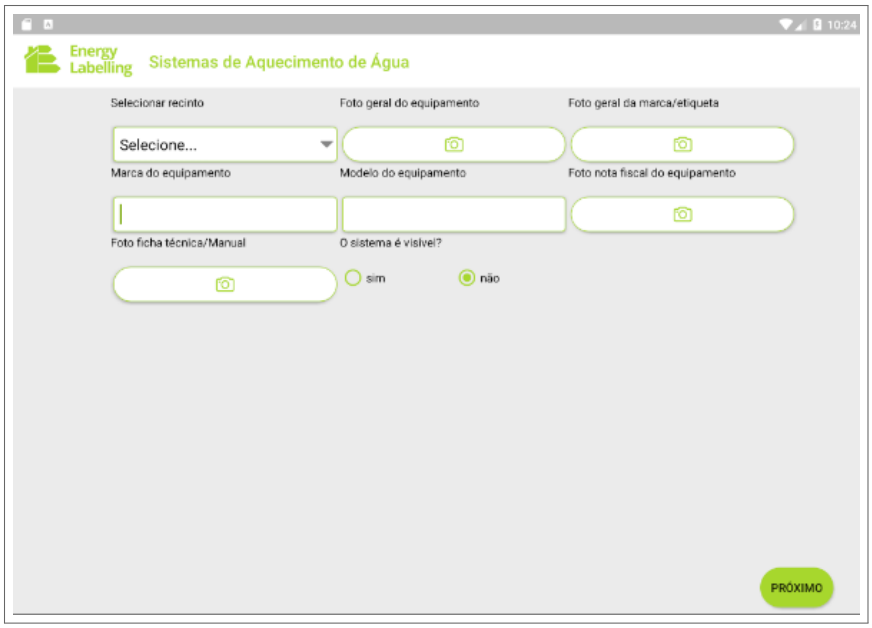
Em "Cadastrar sistema central de aquecimento de água"é possível cadastrar mais de um tipo de sistema. Para cada sistema existem perguntas específicas para atender seus contextos. Na Figura 10 é possível ver a lista com todos os tipos (INMETRO, 2012). As Figuras [6], [7] e [8] exibem como funciona a inserção de dados caso o sistema de aquecimento selecionado seja "Aquecedor Solar".

Figura 10 – Energy Labelling - Selecionar Sistema de Aquecimento de Água



Fonte: Autor

Figura 11 – Energy Labelling - Cadastrando Aquecedor Solar



Fonte: Autor

Figura 12 – Energy Labelling - Cadastrando Aquecedor Solar

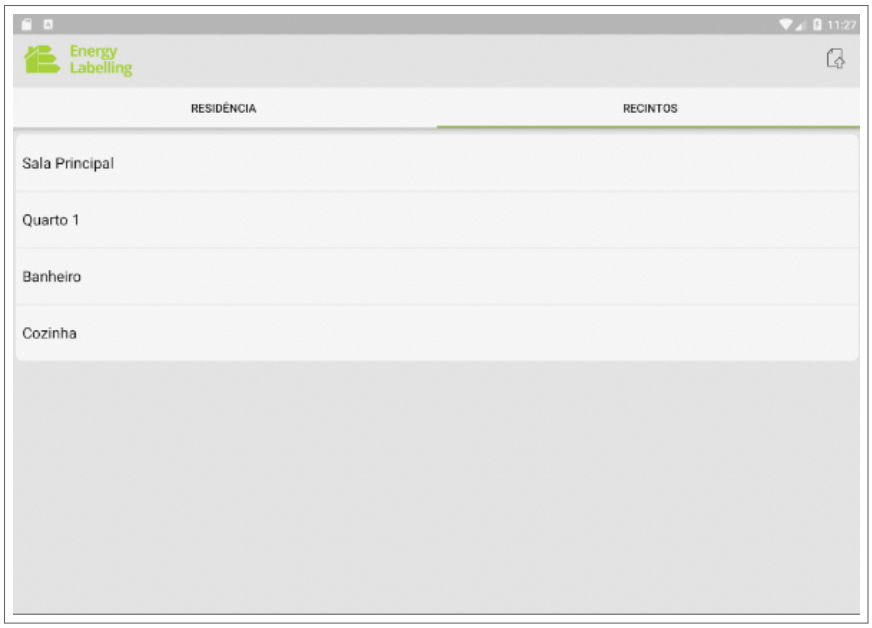
Fonte: Autor

Figura 13 – Energy Labelling - Cadastrando Aquecedor Solar

Fonte: Autor

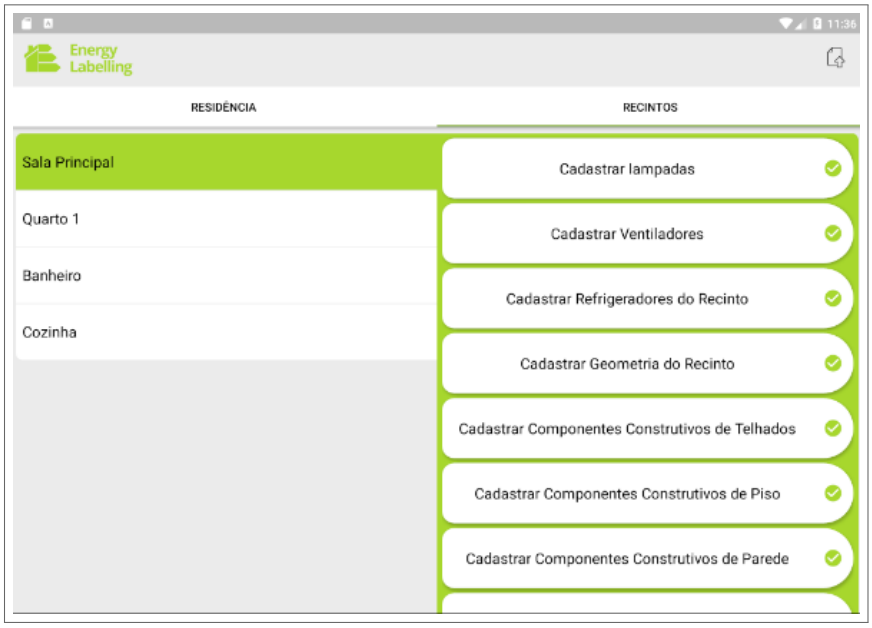
Ao finalizar as informações da aba "Residência", o técnico deve preencher a aba Recintos, que listará todos os recintos previamente cadastrados, podendo ser visto na Figura 14. Ao selecionar algum recinto, um novo menu aparecerá com as opções necessárias para o preenchimento daquele recinto, como mostra a Figura 15. As opções podem variar de acordo com o tipo de recinto selecionado, por exemplo, se for banheiro, aparecerá a opção exclusiva para cadastrar os componentes do banheiro. A Figura 15 exibe uma lista com opções para cadastrar as informações do recinto *Sala Principal*.

Figura 14 – Energy Labelling - Módulo Recintos



Fonte: Autor

Figura 15 – Energy Labelling - Opções de Preenchimento do Recinto

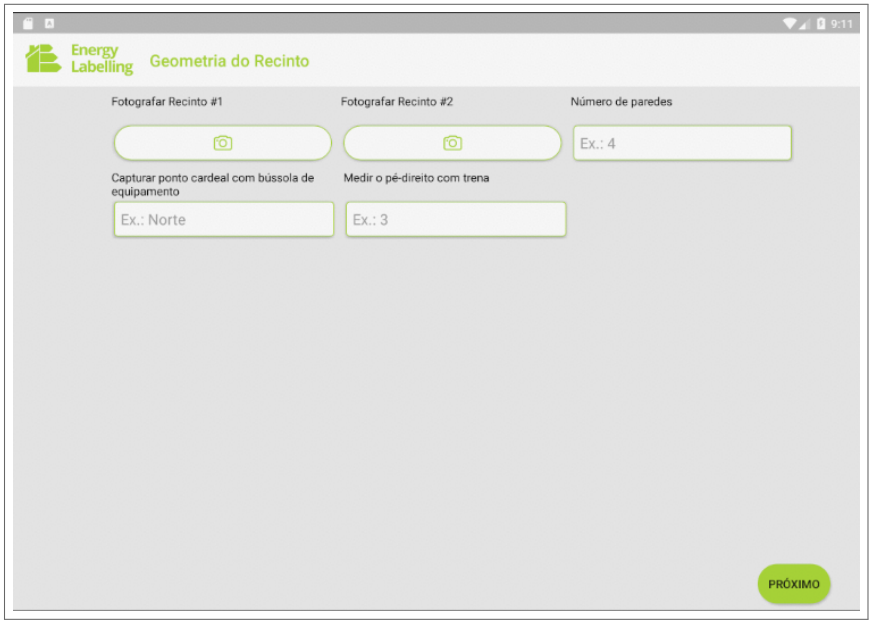


Fonte: Autor

Ao selecionar a opção "Cadastrar Geometria do Recinto", o aplicativo pede para inserir informações referentes à sua geometria, como a quantidade de paredes no recinto. A Figura 16 exibe esta tela, com todas as entradas necessárias nesta fase do cadastro. Ao avançar será exibida uma lista, que é apresentada na Figura 17 com a quantidade de paredes cadastradas no passo anterior. O inspetor precisará inserir informações para todas as paredes, como por exemplo, seu comprimento, angulação, condição de contorno e se

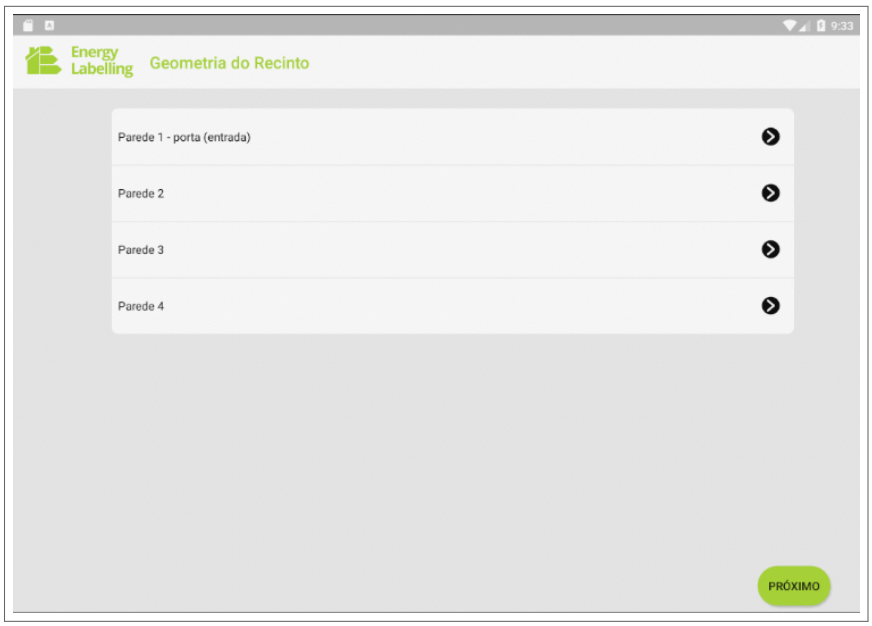
possui janelas. Para obter essas medidas, o inspetor poder á usar uma trena eletrônica com tecnologia *bluetooth*, ou realizar a medição com uma trena convencional e inserir a informação manualmente. Caso ele possua a planta baixa do imóvel, pode cadastrar a informação manualmente. A Figura 18 apresenta a tela que captura esses dados.

Figura 16 – Energy Labelling - Geometria do Recinto



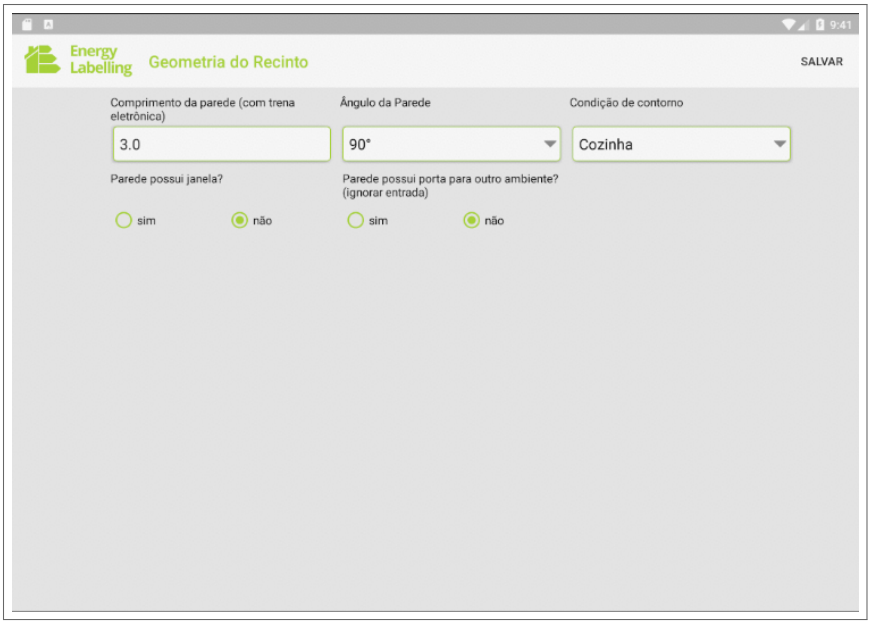
Fonte: Autor

Figura 17 – Energy Labelling - Cadastro de Paredes



Fonte: Autor

Figura 18 – Energy Labelling - Informações da Parede



Fonte: Autor

Após inserir todas as informações de todos o recintos, o usuário deve clicar no botão de enviar, no canto superior direito, e os dados coletados serão enviados para o servidor do sistema *web*. Um exemplo desse no formato *json* está disponível no Apêndice F. O sistema *web* enviará os arquivo para o simulador via protocolo *http* que por sua vez realizará os cálculos de simulação e enviará o resultado para o sistema *web*. Toda a comunicação será realizada via protocolo *http*.

4 AVALIAÇÃO E MELHORIA DA SOLUÇÃO DE COLETA DE DADOS

Neste capítulo detalharemos o experimento realizado com o objetivo de avaliar o funcionamento e a utilização do aplicativo. O propósito do aplicativo é emitir uma etiqueta de eficiência energética de acordo com as especificações, materiais e equipamentos utilizados na residência. O experimento avaliará se o aplicativo funciona apropriadamente e se agentes de coleta com baixa capacitação são capazes de operá-lo sem maiores dificuldades. Após a realização do experimento, serão descritas as melhorias implementadas para solucionar problemas relativos a: 1) usabilidade; 2) falhas de funcionamento; 3) correções simples; 4) futuras funcionalidades.

4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Requisitos para a realização do teste:

- o realizador do teste deve possuir noções básicas de equipamentos, materiais e plantas residências;
- tablet;
- trena (preferência eletrônica);
- residência com recintos de permanência prolongada (quarto, sala, banheiro).

Durante a coleta é necessário:

- registrar o tempo de duração da coleta;
- registrar qualquer dificuldade encontrada no processo. Seja uma dificuldade de usabilidade ou de lógica no fluxo da coleta. Ex.: A geometria de uma parede é impossível de ser capturada pelo aplicativo. Então é necessário registrar os detalhes da parede em questão.

4.2 COLETA DE DADOS

Foram coletados os dados no estado do Paraná em 4 cidades distintas, sejam elas: Curitiba, Maringá, Apucarana, Paranaguá. Esse processo foi realizado por 4 coletores em campo para gerar uma amostragem de 11 unidades residenciais, sendo 8 casas e 3 apartamentos. Foi seguido o documento “Protocolo para Utilização do Aplicativo Energing Labelling v1.0.0” (vide Apêndice A) para o processo automatizado e para a coleta manual foi seguido o documento “Protocolo de Coleta de Dados Manual v1.0.0” (vide Apêndice B), enviados no dia 29/10/2019 – esse último utiliza o padrão do Programa Brasileiro

de Etiquetagem – PBE com os critérios de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). As planilhas de cálculo digitais em formato .XLSM de cada amostra foram encaminhadas via e-mail para o autor desta dissertação.

4.3 EQUIPE DE COLETA

Os responsáveis pela coleta dos dados eram alunos de graduação em engenharia civil. Cada membro da equipe recebeu um treinamento de uma hora sobre o uso do aplicativo e os protocolos (anexos A e B) As amostras, compostas por 11 residências, sendo 8 casas e 3 apartamentos, foram cadastradas previamente no App com seus CEPs pela equipe de coleta e estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Lista de Residências com Classificação

ID da Amostra	CEP	Cidade	Tipologia
1	87.060-027	Maringá/PR	Casa
2	87.023-903	Maringá/PR	Apartamento
3	86.804-280	Apucarana/PR	Casa
4	86.804-290	Apucarana/PR	Casa
5	86.804-300	Apucarana/PR	Casa
6	86.809-060	Apucarana/PR	Casa
7	81.260-150	Curitiba/PR	Apartamento
8	81.452-040	Curitiba/PR	Casa
9	81.020-490	Curitiba/PR	Casa
10	83.215-000	Paranaguá/PR	Apartamento
11	83.215-230	Paranaguá/PR	Casa

Fonte: Autor

4.4 TESTE DO APLICATIVO MÓVEL

O teste do aplicativo móvel foi realizado por em 12/11/2019 pela equipe do ISI EE. 4 Coletores fizeram diversas considerações sobre o uso do aplicativo móvel que podem servir como base para melhorias nas próximas versões compiladas a seguir:

5 ANÁLISE DE RESULTADOS DO EXPERIMENTO

Este capítulo classifica as pontos levantados pela equipe que realizou testes no aplicativo móvel *Energy Labelling*, descrevendo uma ordem de priorização para a implementação. Apresenta uma conclusão a respeito da análise feita pela equipe de testes e por final, lista as melhorias implementadas para otimizar a utilização do aplicativo.

5.1 CLASSIFICAÇÃO DE ERROS

Os erros foram classificados com um grau de dificuldade de implementação. Iniciando do menos complexo até o mais complexo, os erros foram classificados da seguinte forma:

- correção simples - ajustes em entradas de texto, melhorias de funcionalidades;
- *bug* - comportamentos inesperados e incorretos;
- usabilidade - melhorias na utilização do aplicativo, simplificação de inserção de dados;
- futuras funcionalidades - otimizações e novos módulos.

Em seguida, as falhas foram agrupadas e classificadas de acordo com o seu contexto:

- correção simples
  - inserir opções para telhados de policarbonato (última opção na lista);
  - campos de transmitância térmica das paredes devem ser opcionais;
  - na aba “cadastrar componentes construtivos da parede” tem uma opção a mais de composição estimada de parede;
  - fotos de nota fiscal, ART, etc devem ser opcionais;
  - inserir lista de marca e modelo de em todos os equipamentos e sempre adicionar como última opção "Outros";
  - inserir medida em metros em todos os campos que utilizam alguma unidade de medida. Ex.: Janela, parede;
  - remover zoom ou dimensionamento desproporcional da câmera ao tirar fotos;
  - implementar leitura automática de ponto cardeal com input decimal;
  - revisão de erros de digitação na descrição dos itens, por exemplo: Na aba “cadastrar as propriedades da parede” a palavra Transmitância está gramaticalmente incorreta; mudar todos os textos de Recinto para Ambiente.

- *bug*
  - em algumas coletas não foi possível salvar janela quando não há cortina na mesma (sem mensagem de erro);
  - erros sequenciais na inserção aquecimento central sendo necessário reabrir o app várias vezes (sem mensagem de erro, somente fechamento do app);
  - o aplicativo não permite cadastrar uma parede no recinto depois de salvo uma primeira vez;
  - mensagem de explicação de esquadrias estão sendo salvas de maneira equivocada, quando cadastrada elas aparecem como L x L no lugar de L x h;
  - impossibilidade de exclusão e/ou edição de recintos cadastrados sem ser na ordem diretamente inversa a ordem de cadastro (ex.: Cadastrado Recinto1, Recinto2, Recinto3, somente será possível excluir o Recinto2 se excluir também o Recinto3).
- usabilidade
  - inserir opções em algumas áreas para sair sem necessitar preencher todos os campos novamente;
  - ter a opção de inserir todas as propriedades da parede e da cobertura na primeira página do aplicativo e depois nos recintos apenas inserir qual parede ou cobertura (Parede1, parede2, etc.);
  - inserir maiores explicações sobre cada informação requisitada (o que significa parede interna ou externa por exemplo);
  - ter a opção de modificar o número de paredes após salvo;
  - a condição retorno sempre externo e 90º. Piso sempre terra;
  - capturar primeira coleta e aplicar como input default em todas as outras paredes;
  - melhor explicação dos erros quando os mesmos ocorrem; ter a possibilidade de editar o recinto (com o aparelho de 1 coletor não foi possível editar o recinto depois de salvo);
  - exibir alerta sobre incompatibilidade com dispositivos que não são tablets;
  - utilizar aplicativo apenas na vertical para facilitar o manuseio do tablet, pois o inspetor utilizará o tablet e a trena nas mãos ao realizar a coleta.
- futuras funcionalidades
  - possibilidade de inclusão de um croqui simplificado;
  - mostrar a planta baixa que está sendo feita de acordo com os dados que foram adicionados no campo “cadastrar geometria do recinto”.

5.2 CONCLUSÃO DOS TESTES

Conforme descrito nas seções anteriores, o aplicativo *Energy Labelling* foi testado em 11 residências de diferentes tamanhos, composições e localidades, o que demonstra que os testes permitiram obter uma percepção ampla das aplicações ao que o aplicativo será submetido.

Os resultados demonstram que o aplicativo não estava pronto para ser utilizado em aplicações reais sem melhorias adicionais citadas. Foram encontrados diversos erros e pontos de melhoria que precisam ser trabalhados para que o aplicativo funcione de maneira satisfatória.

5.3 SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Nesta seção serão abordadas as escolhas de priorizações para melhoria da solução proposta, quais correções foram implementadas após o levantamento dos itens listados no tópico anterior e por fim, uma análise da utilização do aplicativo otimizado.

5.3.1 Priorização dos Problemas

Os problemas levantados na Seção 4.4 e classificados na Seção 5.1 foram organizados em níveis de prioridade para que pudessem ser implementados e posteriormente, uma nova análise do funcionamento da solução proposta ser realizada. Os erros do tipo correção simples foram os escolhidos para serem implementados primeiro, pois, como o próprio nome diz, são ajustes rápidos de serem aplicados. Em segunda ordem de prioridade, os problemas do tipo bug foram implementados, em razão dos erros gerados, que impossibilitavam o uso do aplicativo. As melhorias de usabilidade e futuras funcionalidades ficaram na últimas ordens de prioridade, visto que são melhorias para serem aplicadas em trabalhos futuros.

5.3.2 Melhorias implementadas

Quase todas os problemas e sugestões levantados na Seção 4.4 foram implementados no aplicativo. Restaram 5 itens, sendo eles 2 de nível baixo de prioridade, classificados como *futuras funcionalidades*. Para validar o funcionamento se faz necessário realizar novos, que está proposto na Seção 6.2.

Lista de itens levantados pela equipe de testes que não foram implementados:

- inserir maiores explicações sobre cada informação requisitada (o que significa parede interna ou externa por exemplo);
- melhor explicação dos erros quando os mesmos ocorrem;

- utilizar aplicativo apenas na vertical para facilitar o manuseio do tablet, pois o inspetor utilizará o tablet e a trena nas mãos ao realizar a coleta.
- possibilidade de inclusão de um croqui simplificado;
- mostrar a planta baixa que está sendo feita de acordo com os dados que foram adicionados no campo "cadastrar geometria do recinto".

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

Este estudo apresentou uma solução para facilitar e melhorar a coleta de dados e emissão de etiquetas de eficiência energética em edificações.

A partir de uma análise sobre o funcionamento atual no Brail e em outros países, um processo de coleta de dados foi modelado de acordo com as exigências do órgão responsável no Brasil, PBE Edifica, para a implementação de um aplicativo de celular ou *tablet* realizar a coleta de dados de forma confiável e sem a necessidade de possuir *expertise* na área de construções. O processo desenvolvido em fluxogramas se encontra no Apêndice C. Algumas das telas implementadas para o aplicativo móvel se encontram na Seção 3.9.

Para a validação estudantes de engenharia civil conhecedores do método disponível atualmente no Brasil realizaram testes no aplicativo e levantaram pontos para a melhoria do seu funcionamento.

Para responder a pergunta de pesquisa, ainda se faz necessário realizar testes com outros perfis de usuários, coletando suas impressões e necessidades durante a utilização do aplicativo.

As contribuições deste trabalho para o avanço na medição de eficiência energética em edificações foram:

- Analisar qual o método mais eficiente para a realização dos cálculos para a emissão da etiqueta de eficiência energética;
- Desenvolver um processo de coleta de dados eficiente de acordo com as especificações do órgão regulamentador no Brasil;
- Desenvolver um aplicativo para a realização da coleta de dados para usuários com pouco conhecimento na área de construções;

Como impacto para a humanidade este trabalho incentiva a medição da eficiência energética nas edificações, que são os vilões no consumo de energia no planeta, apresentando uma proposta para facilitar o processo de coleta de dados nos imóveis.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

As informações coletadas com essa pesquisa propõem a continuidade do estudo para aperfeiçoamento do aplicativo e a realização de outros tipos de validações de seu uso. Os pontos identificados, foram:

- Inteligência artificial para sugerir componentes construtivos;
- Desenhar e exibir a figura da planta baixa durante a coleta;
- Telas mais amigáveis;
- Implementar um *layout* responsivo;
- Realizar análise comparativa de eficiência e performance entre a coleta via aplicativo e a planilha disponível pelo PBE Edifica;
- Realizar pesquisa qualitativa com especialistas na área de construções;
- Realizar testes para validar as melhorias implementadas;
- Realizar testes envolvendo pessoas com perfil mínimo para utilizar o aplicativo;
- Levantar e corrigir falhas de usabilidade;

6.3 AMEAÇAS À VALIDADE

A principal ameaça à validade desta pesquisa está relacionada ao método de teste da solução proposta. Os usuários escolhidos possuíam conhecimentos em engenharia e já tinham familiaridade com a planilha que utiliza o método prescritivo disponível pelo PBE Edifica. O lado positivo dessa análise, foram os seus pontos levantados para a melhoria do fluxo e do aplicativo.

Outra ponto delicado para a realização desta pesquisa foi a impossibilidade de acesso às informações técnicas de várias ferramentas existentes. No Brasil não é possível ter acesso aos métodos de coleta realizados pelos OIA's. No Estados Unidos as ferramentas são comerciais, sendo necessária a compra de suas licenças para a realização da uma análise.

REFERÊNCIAS

ARCIPOWSKA, A.; ANAGNOSTOPOULOS, F.; MARIOTTINI, F.; KUNKE, S. *Energy Performance Certificates across the EU*. [S.l.]: Buildings Performance Institute Europe, 2014.

BAKERLILE PROPERTY COMPLIANCE & MARKETING. *Energy Performance Certificates (EPC's)*. 200–. Disponível em: <http://www.bakerlileenergy.com/energy-performance-certificates-epcs>. Acesso em: 16 nov. 2019.

BONGAARTS, J. Human population growth and the demographic transition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1532, p. 2985–2990, 2009.

BRE GROUP. *Certificates and inspections - Energy European Commission*. 200–. Disponível em: <https://www.bre.co.uk/page.jsp?id=706>. Acesso em: 15 nov. 2019.

BREEZETREE. *The Top 5 Reasons To Use Flowcharts*. 2020. Disponível em: <https://www.breezetree.com/articles/top-reasons-to-flowchart>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CHING, F.; SALVATERRA, A. *Representação Gráfica Em Arquitetura*. BOOKMAN COMPANHIA ED, 2017. ISBN 9788582604366. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=CRQotAEACAAJ>.

CITY & GUILDS. *Energy Assessment (6361)*. 2019. Disponível em: <https://www.cityandguilds.com/qualifications-and-apprenticeships/built-environment-services/energy/6361-energy-assessment>. Acesso em: 30 mar. 2020.

COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT, UNITED KINGDOM. *A Technical Manual for SBEM*. 2015. Disponível em: <https://www.uk-ncm.org.uk/filelibrary/SBEM-Technical-Manual_v5.2.g_20Nov15.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

EUROPEAN COMISSION. *Certificates and inspections - Energy European Commission*. 200–. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings/certificates-and-inspections>. Acesso em: 04 nov. 2019.

EUROPEAN COMISSION. *Certificates and inspections - Energy European Commission*. 2014. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings/certificates-and-inspections>. Acesso em: 01 nov. 2019.

EUROPEAN COMISSION. *Clean energy for all Europeans package - Energy European Commission*. 2017. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>. Acesso em: 01 nov. 2019.

FAGUNDES, L. O. *A influência do sombreamento do entorno na etiqueta de eficiência energética de edifício comercial*, 2012.

GOVERNMENT OF INDIA, MINISTRY OF POWER. *Energy Conservation Bulding Code Tip Sheet - Energy Simulation*. 2010. Disponível em: <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/Energy\%20Simulation\%20Tip\%20Sheet.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2020.

GREASLEY, A. *Enabling a simulation capability in the organisation*. [S.l.]: Springer, 2008.

HARISH, V.; KUMAR, A. A review on modeling and simulation of building energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 56, p. 1272–1292, 2016.

HONG, T.; CHOU, S.; BONG, T. Building simulation: an overview of developments and information sources. *Building and Environment*, v. 35, n. 4, p. 347–361, 2000.

HONG, T.; LANGEVIN, J.; SUN, K. Building simulation: Ten challenges. *Building Simulation*, v. 11, n. 5, p. 871–898, Dec 2018.

INMETRO. *Organismos Acreditados*. 200–. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/organismos/>. Acesso em: 28 out. 2019.

INMETRO. *Procedimento para Fiscalização para Aquecedores de Água a Gás, Instantâneos e de Acumulação*. [S.l.: s.n.], 2012.

INMETRO. *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 2.1.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy Performance Certification of Buildings - A policy tool to improve energy efficiency*. [S.l.]: International Energy Agency, 2010.

LEWIS, N. S.; NOCERA, D. G. Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 43, p. 15729–15735, 2006.

LUDICHART. *Flowchart Symbols and Notation*. 2020. Disponível em: <https://www.lucidchart.com/pages/flowchart-symbols-meaning-explained>. Acesso em: 27 mar. 2020.

MAHDAVI, A. Reflections on computational building models. *Building and Environment*, v. 39, n. 8, p. 913–925, 2004.

PBE EDIFICA. *O que é a etiqueta PBE Edifica?* 200–. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>. Acesso em: 17 nov. 2019.

PBE EDIFICA. *PBE EDIFICA*. 2007. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/>. Acesso em: 28 out. 2019.

PBE EDIFICA. *Planilhas e Catálogos*. 201? Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em: 19 nov. 2019.

PIMENTEL, D.; HARMAN, R.; PACENZA, M.; PECARSKY, J.; PIMENTEL, M. Natural resources and an optimum human population. *Population and Environment*, v. 15, n. 5, p. 347–369, 1994.

REINO UNIDO, MINISTRY OF HOUSING COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. *Frequently Asked Questions (FAQ)*. 2007. Disponível em: <https://www.epcregister.com/faq.html#183>. Acesso em: 02 nov. 2019.

RESIDENTIAL ENERGY SERVICES NETWORK. *Accredited Hers Software Tools*. 2019. Disponível em: <https://www.resnet.us/providers/accredited-providers/hers-software-tools/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

RESIDENTIAL ENERGY SERVICES NETWORK. *RESNET Rating Software Program Accreditation Application*. 2019. Disponível em: <https://www.resnet.us/providers/accredited-providers/hers-software-tools/resnet-rating-software-program-accreditation-application/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

ROSENBERG, M.; HART, R. Roadmap toward a predictive performance-based commercial energy code. In: *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. [S.l.: s.n.], 2014.

SCOTT HOME INSPECTION. *Energy Code Compliance - Prescriptive vs Performance Path*. 2019. Disponível em: <https://scotthomeinspection.com/energy-code-compliance-prescriptive-vs-performance-path/>. Acesso em: 01 mar. 2020.

APÊNDICE A – PROTOCOLO PARA UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO ENERGING LABELLING V1.0.0

Esse documento possui o objetivo de detalhar o funcionamento e a utilização do aplicativo *Energing Labelling*. O propósito do aplicativo é emitir uma etiqueta de eficiência energética de acordo com as especificações, materiais e equipamentos utilizados na residência. O aplicativo auxilia a coleta das informações necessárias para a geração da etiqueta. Requisitos para a realização do teste:

- o realizador do teste deve possuir noções básicas de construção;
- tablet;
- trena (preferência eletrônica);
- residência com recintos de permanência prolongada (quarto, sala, banheiro).

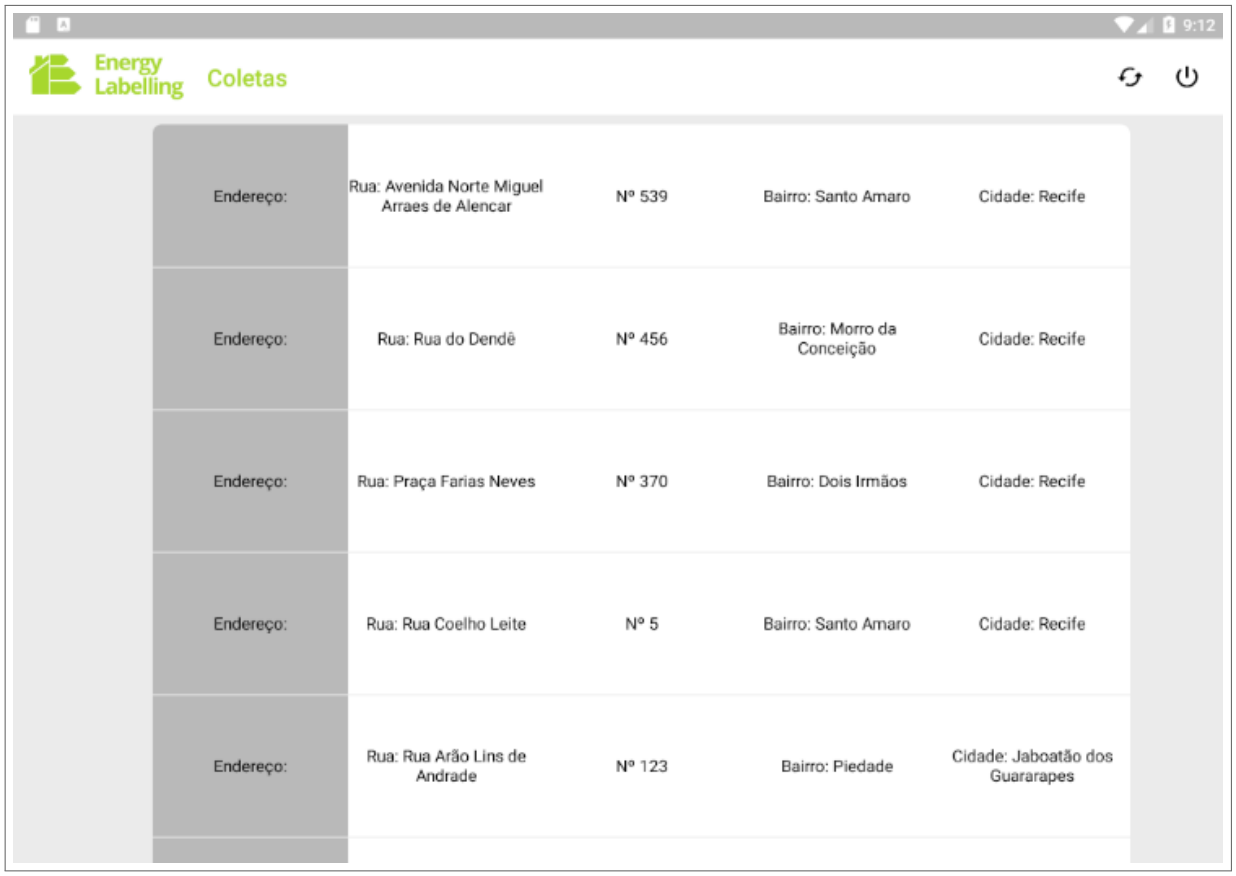
Durante a coleta é necessário:

- registrar o tempo de duração da coleta;
- registrar qualquer dificuldade encontrada no processo. Seja uma dificuldade de usabilidade ou de lógica no fluxo da coleta. Ex.: A geometria de uma parede é impossível de ser capturada pelo aplicativo. Então é necessário registrar os detalhes da parede em questão.

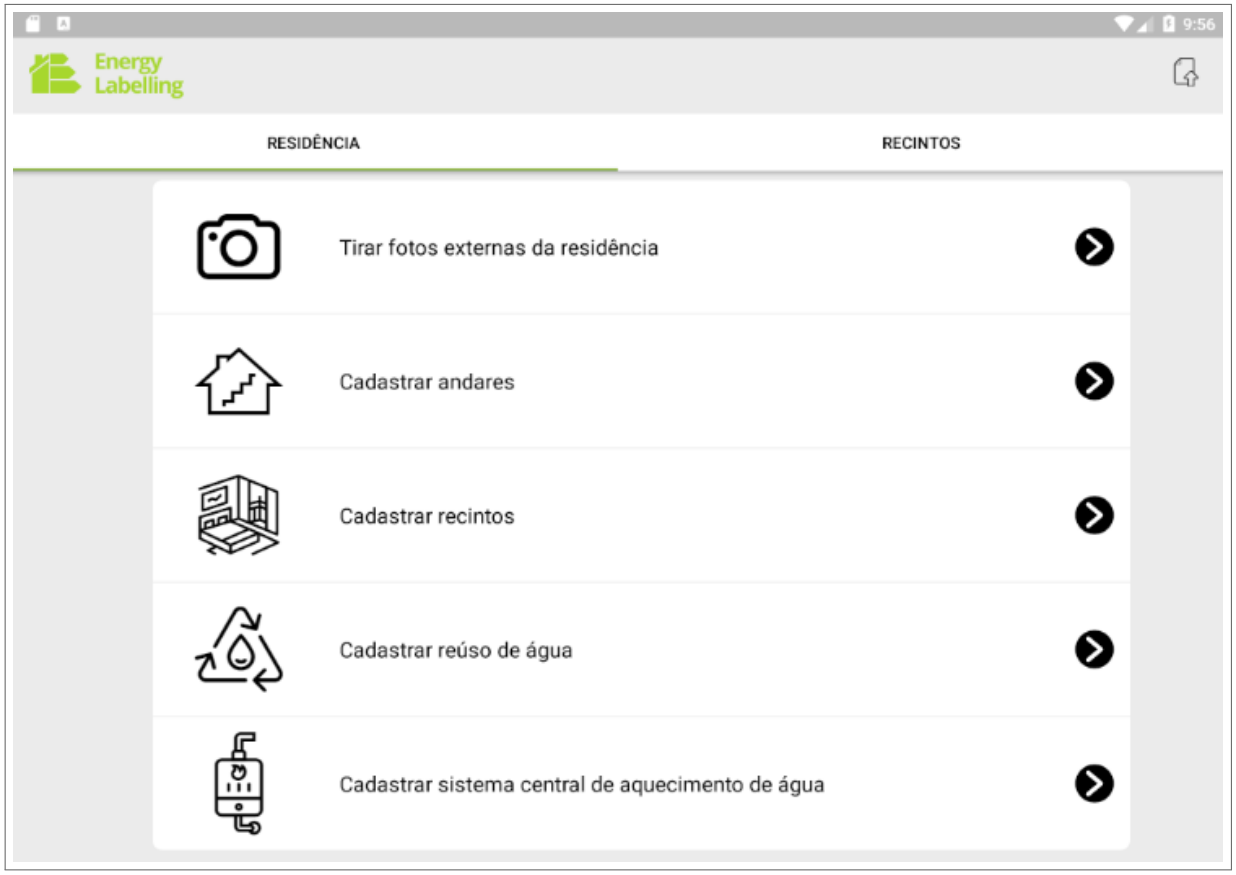
Após a coleta:

- Desenhar a planta baixa da residência seguindo as informações coletadas no aplicativo. Com as medidas das paredes e condições de contorno, o inspetor deverá desenhar a planta utilizando essas informações.

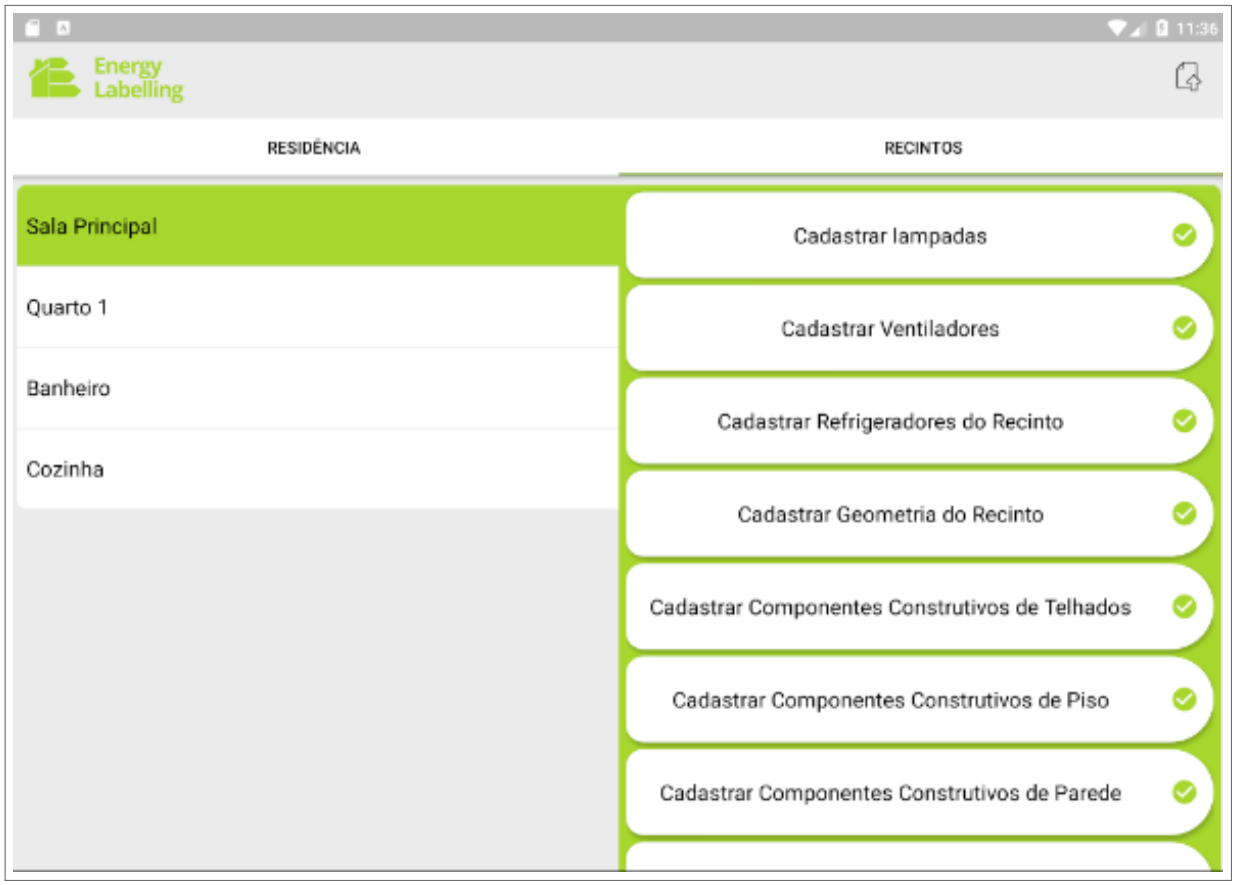
Na primeira tela após o login, é selecionado o endereço da coleta.



A tela seguinte possui duas abas, "Cadastrar"e "Preencher". O usuário deve preencher as informações necessárias em "Cadastrar"e depois seguir para a próxima aba "Preencher". É possível em qualquer momento voltar para a aba "Cadastrar"e complementar alguma informação pendente.



A aba "Preencher"listará os recintos cadastrados. O usuário deve selecionar um recinto e preencher todos os módulos disponíveis do lado esquerdo.



Após preencher todas as informações necessárias, o usuário deve pressionar o botão de enviar, disponível no canto superior direito, para enviar as informações para o servidor e por sua vez gerar a etiqueta de eficiência energética

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS MANUAL V1.0.0

A coleta de dados manual deve ser realizada seguindo as instruções disponíveis pelo atual órgão responsável na geração de etiquetas de eficiência energética para imóveis, PBE Edifica.

No endereço http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos é possível obter todas as instruções necessárias para a realização da coleta. O PBE Edifica disponibilizada uma planilha de cálculo de desempenho, o manual para o uso da planilha e também um vídeo explicando o funcionamento da planilha. Deve-se usar a Planilha de cálculo do desempenho da UH. Requisitos para a realização do teste:

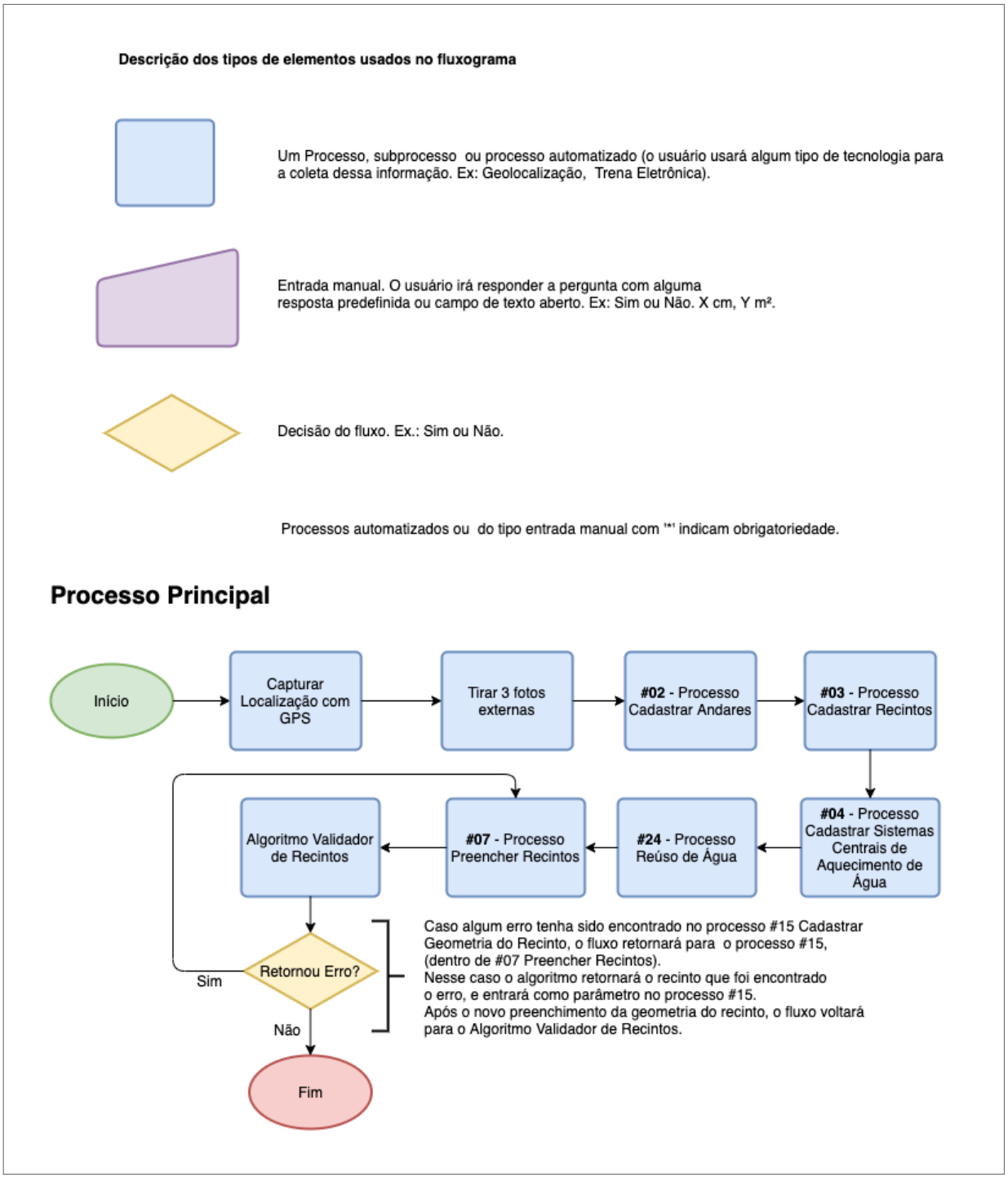
- O realizador do teste deve possuir noções básicas de construção;
- A residência deve possuir planta baixa, caso o contrário, o realizador do teste deverá desenhar a planta baixa da residência para conseguir preencher a planilha de cálculo;

Durante a coleta é necessário:

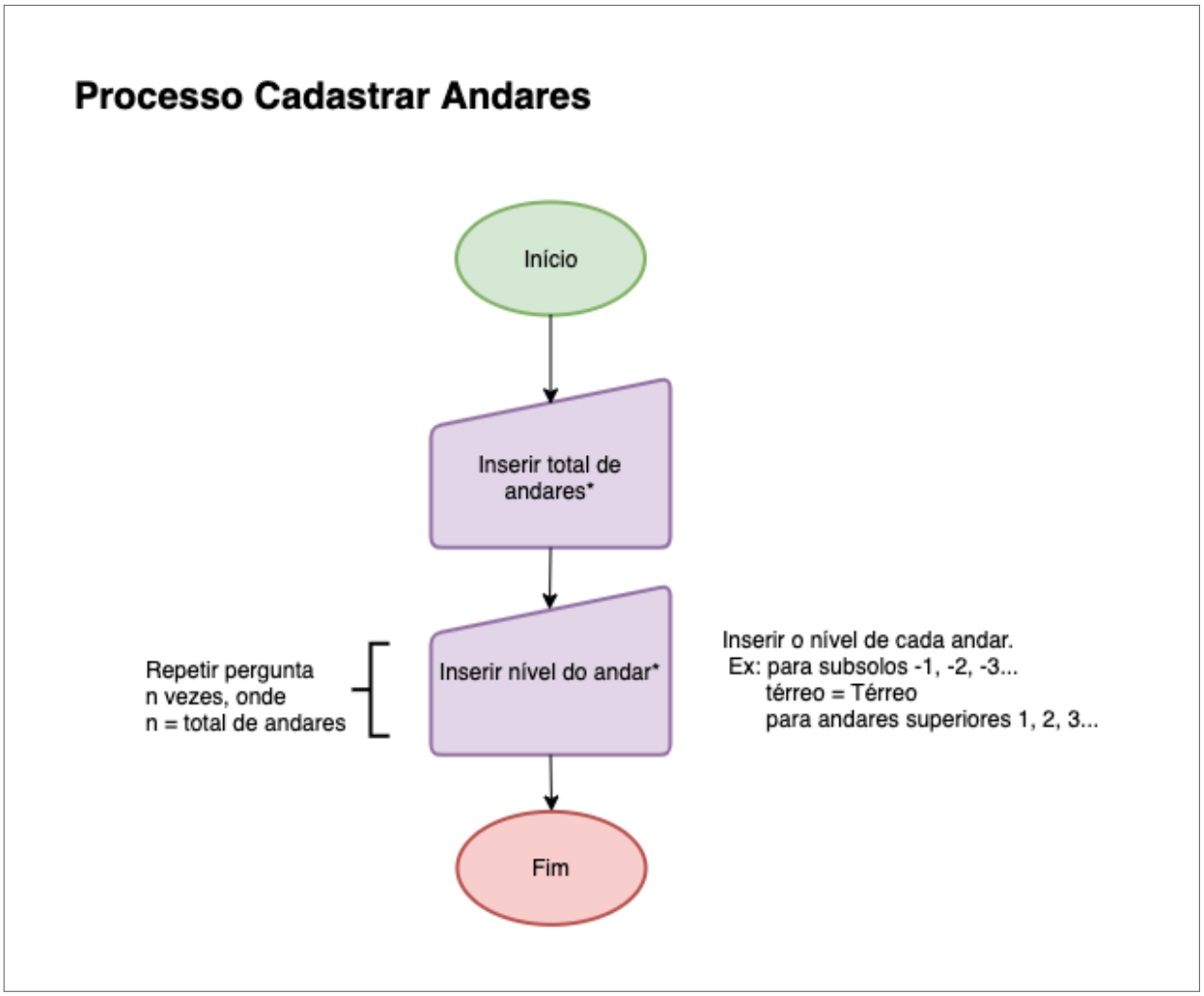
- Registrar todo o tempo necessário para a realização da coleta. Incluindo todas as fases, visita, preenchimento da planilha e etc;
- Registrar qualquer dificuldade encontrada no processo;

APÊNDICE C – FLUXOGRAMAS DOS PROCESSOS PARA DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO MÓVEL

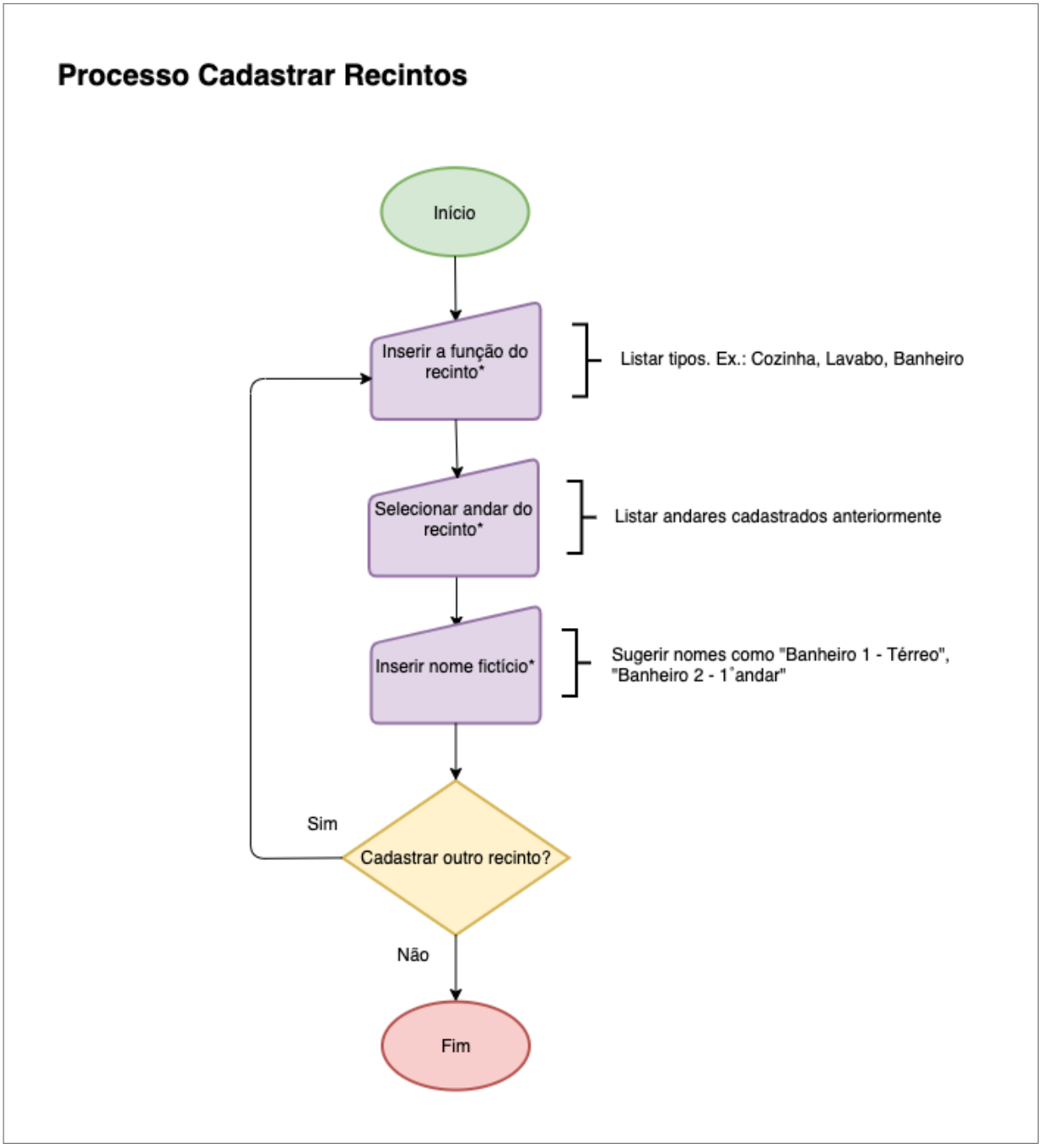
C.1 LEGENDA DE SÍMBOLOS E FLUXO PRINCIPAL



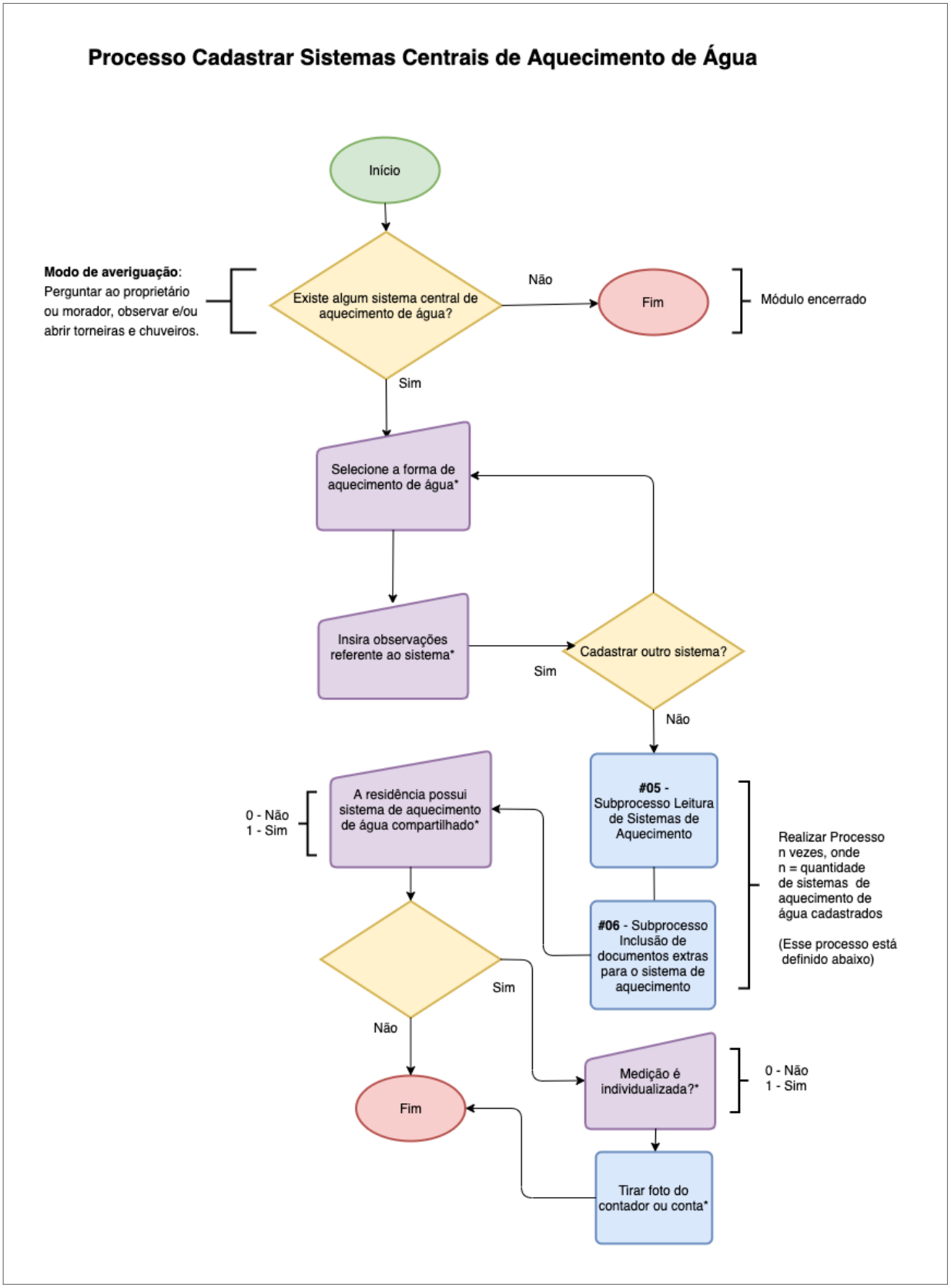
C.2 PROCESSO 02 - CADASTRAR ANDARES



C.3 PROCESSO 03 - CADASTRAR RECINTOS

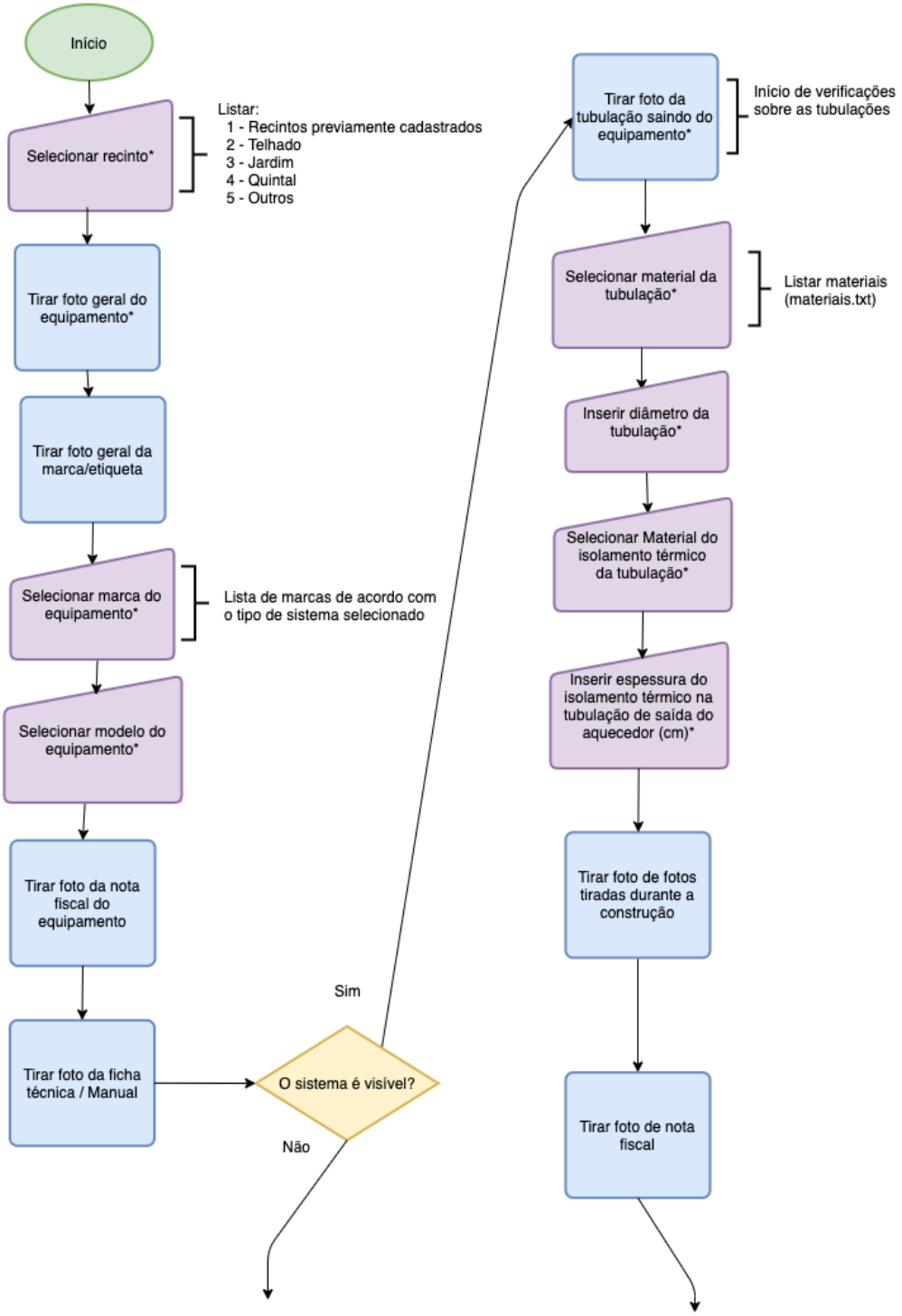


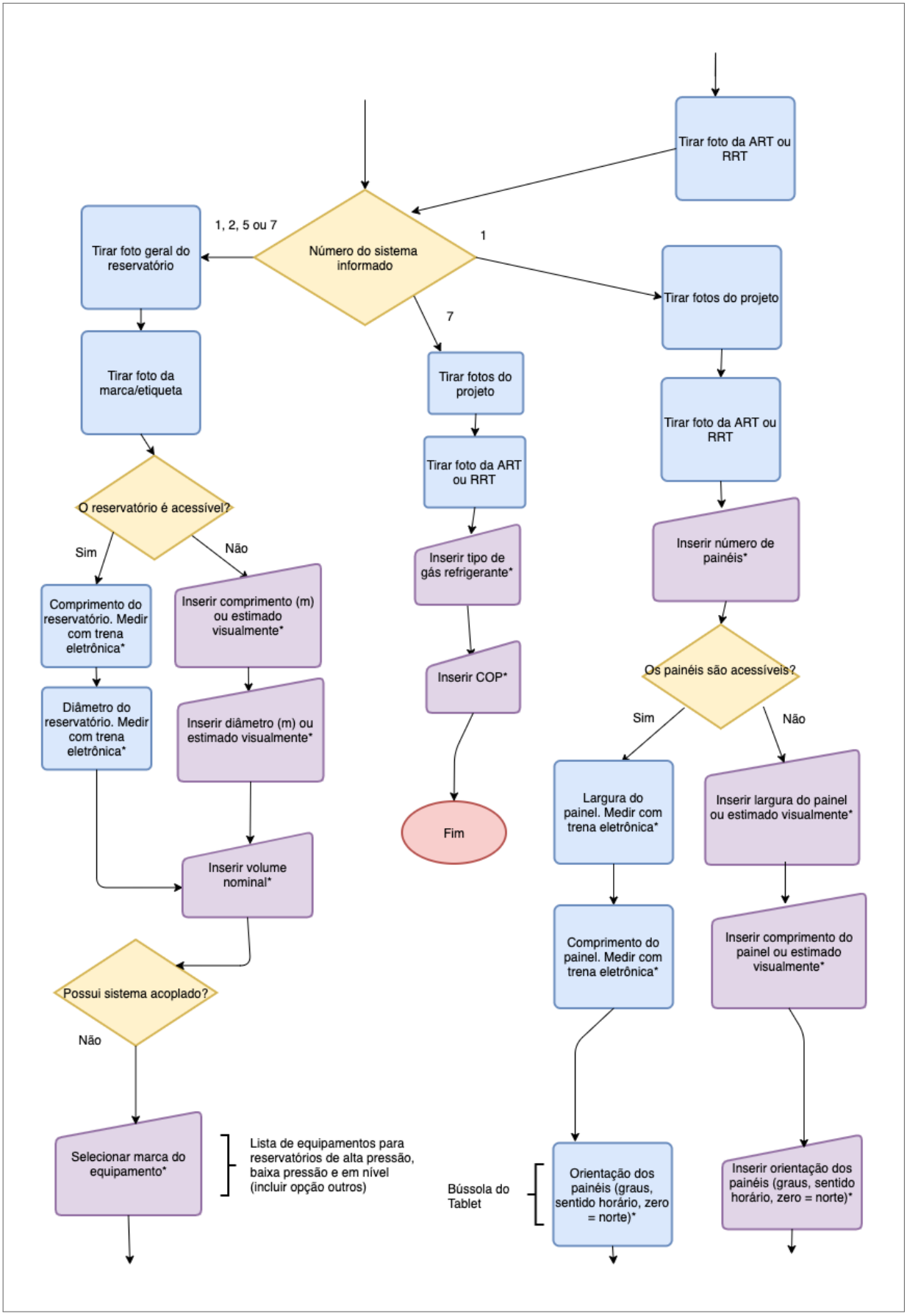
C.4 PROCESSO 04 - SISTEMAS CENTRAIS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

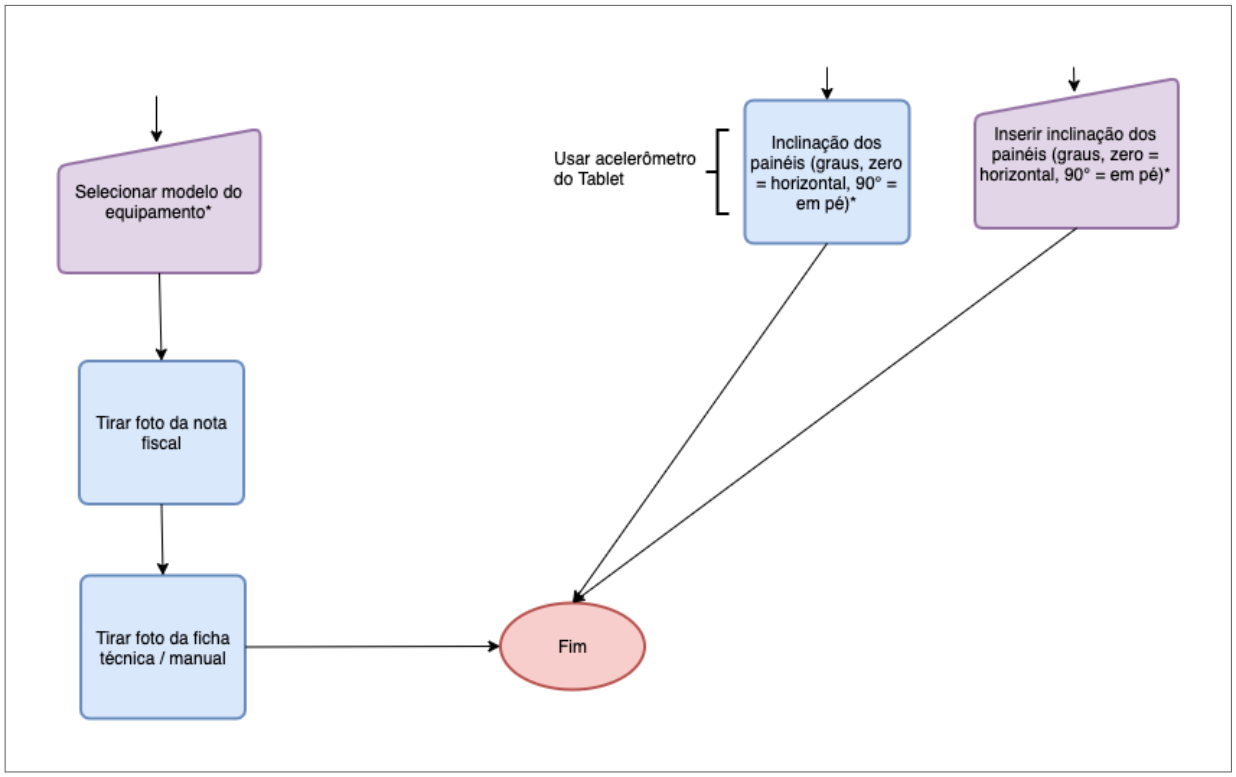


C.5 SUBPROCESSO 05 - LEITURA DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO

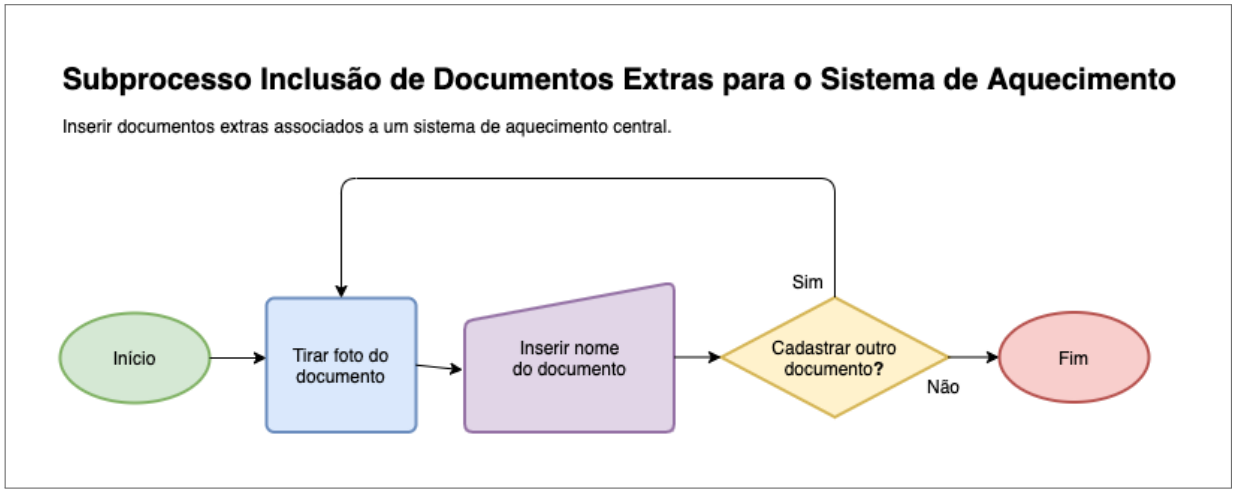
Subprocesso Leitura de Sistemas de Aquecimento



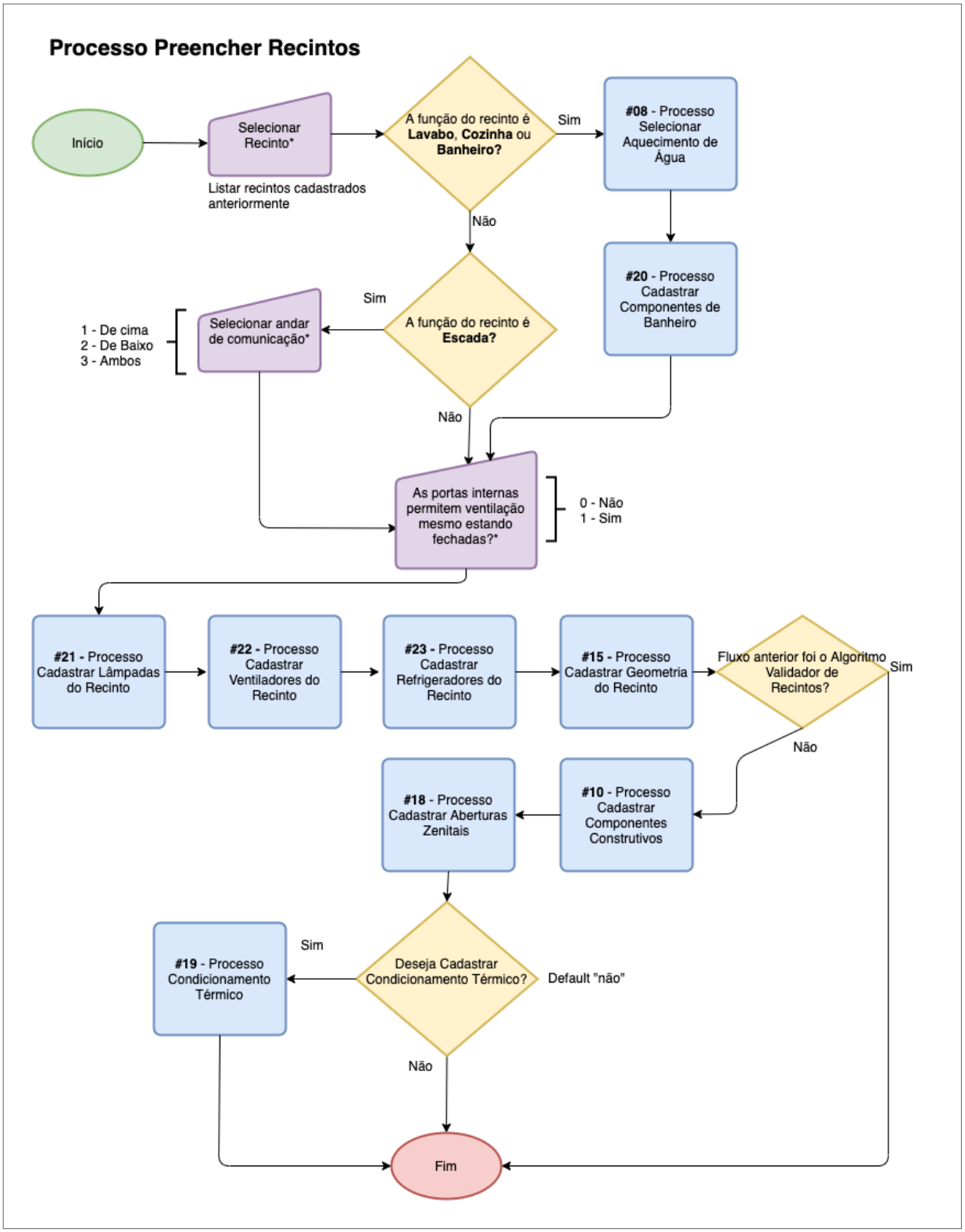

Tirar foto da ART ou RRT
Número do sistema informado
1, 2, 5 ou 7
1
7
Tirar foto geral do reservatório
Tirar foto da marca/etiqueta
O reservatório é acessível?
Sim
Não
Comprimento do reservatório. Medir com trena eletrônica*
Diâmetro do reservatório. Medir com trena eletrônica*
Inserir comprimento (m) ou estimado visualmente*
Inserir diâmetro (m) ou estimado visualmente*
Inserir volume nominal*
Possui sistema acoplado?
Não
Selecionar marca do equipamento*
Lista de equipamentos para reservatórios de alta pressão, baixa pressão e em nível (incluir opção outros)
Tirar fotos do projeto
Tirar foto da ART ou RRT
Inserir tipo de gás refrigerante*
Inserir COP*
Fim
Tirar fotos do projeto
Tirar foto da ART ou RRT
Inserir número de painéis*
Os painéis são acessíveis?
Sim
Não
Largura do painel. Medir com trena eletrônica*
Comprimento do painel. Medir com trena eletrônica*
Inserir largura do painel ou estimado visualmente*
Inserir comprimento do painel ou estimado visualmente*
Bússola do Tablet
Orientação dos painéis (graus, sentido horário, zero = norte)*
Inserir orientação dos painéis (graus, sentido horário, zero = norte)*



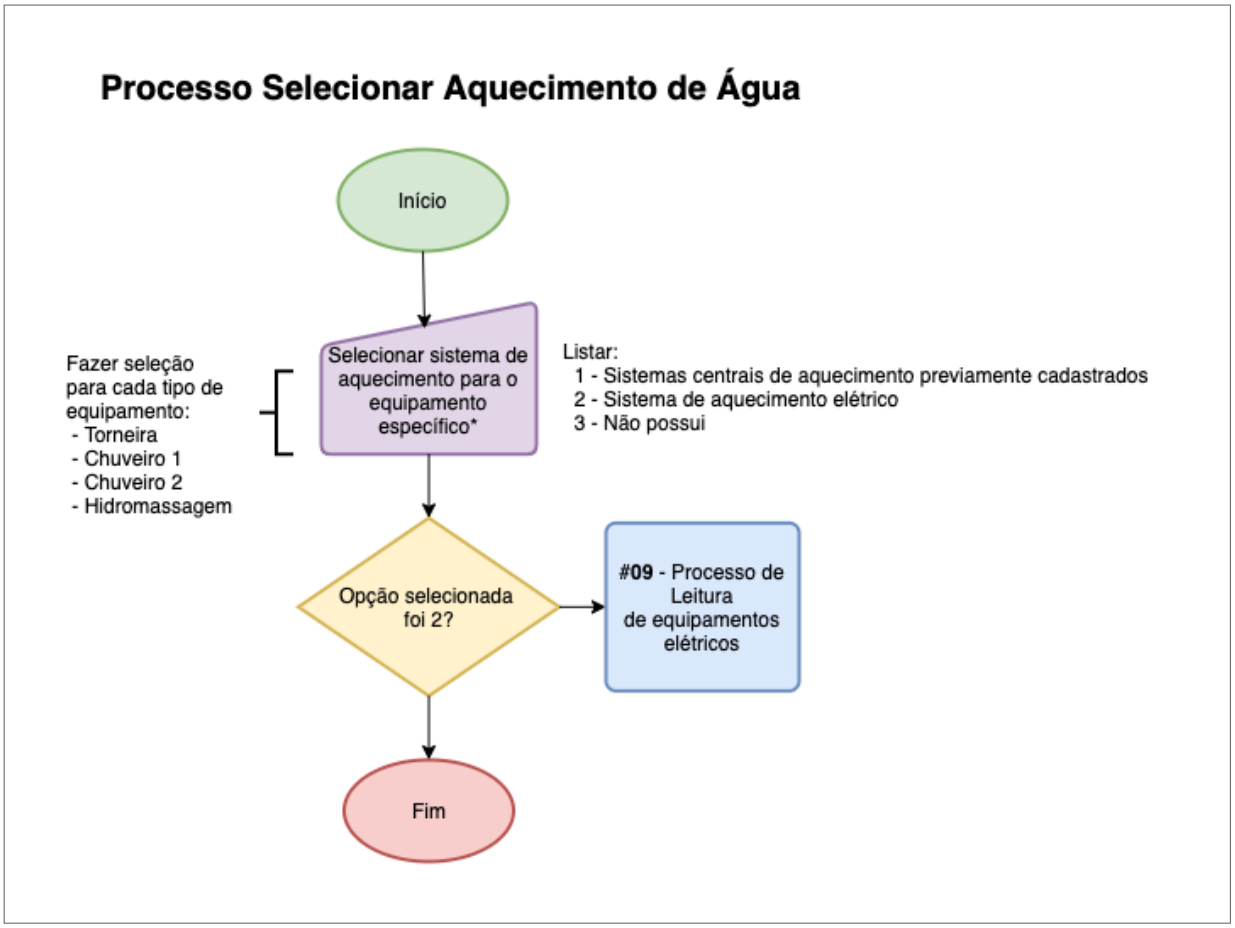
C.6 SUBPROCESSO 06 - INCLUSÃO DE DOCUMENTOS EXTRAS PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO



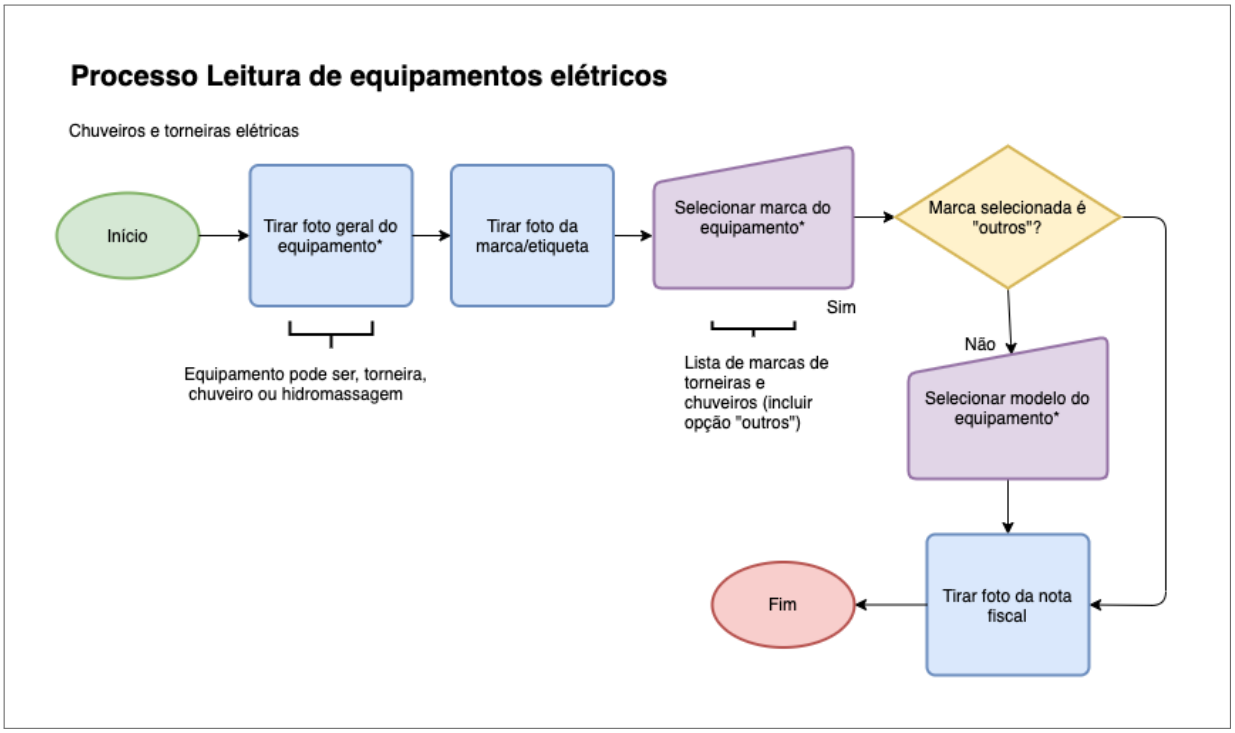
C.7 PROCESSO 07 - PREENCHER RECINTOS



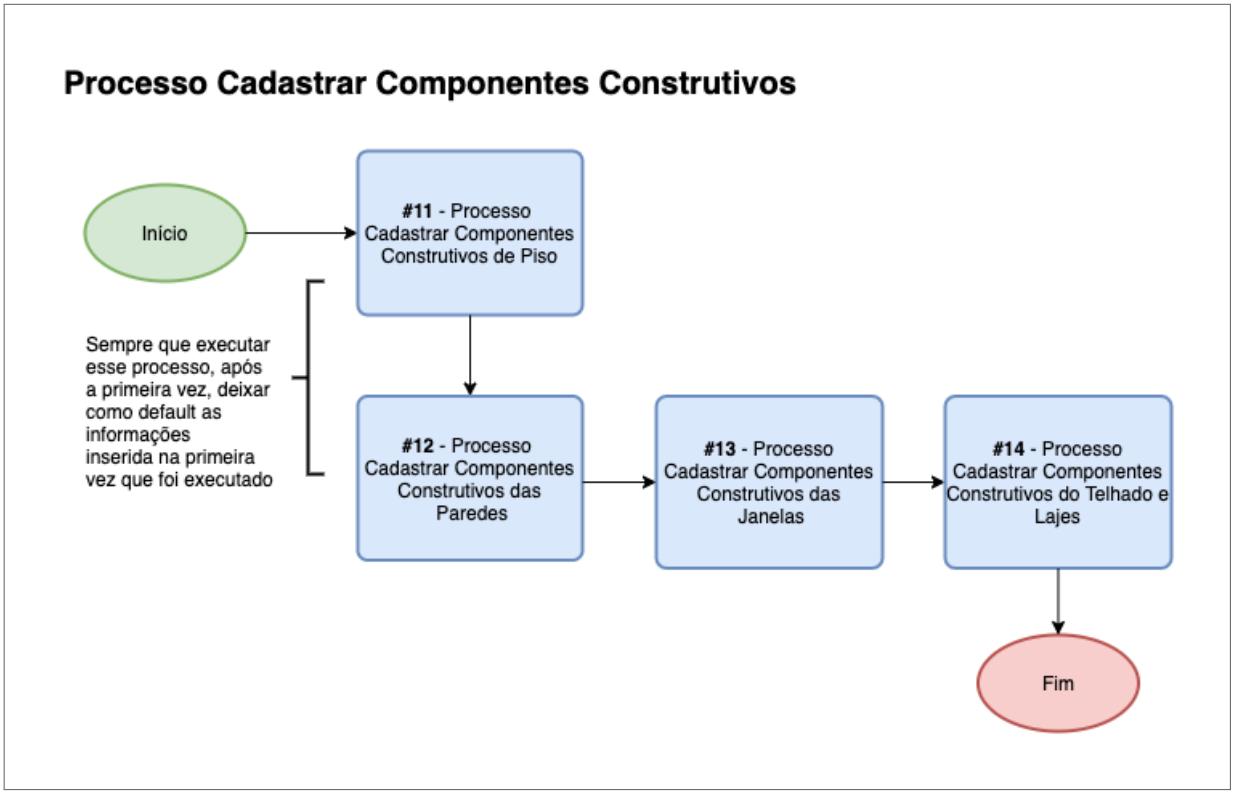
C.8 PROCESSO 08 - SELECIONAR AQUECIMENTO DE ÁGUA



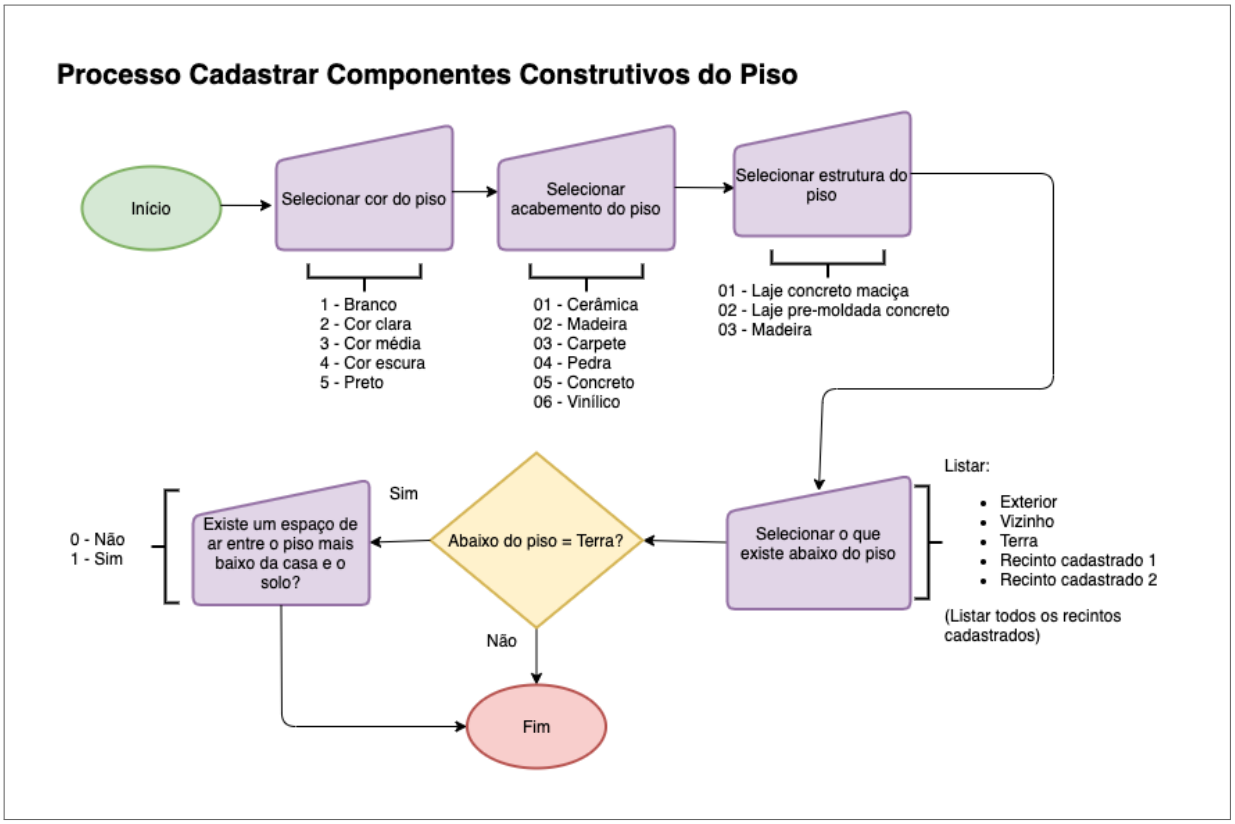
C.9 PROCESSO 09 - LEITURA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS



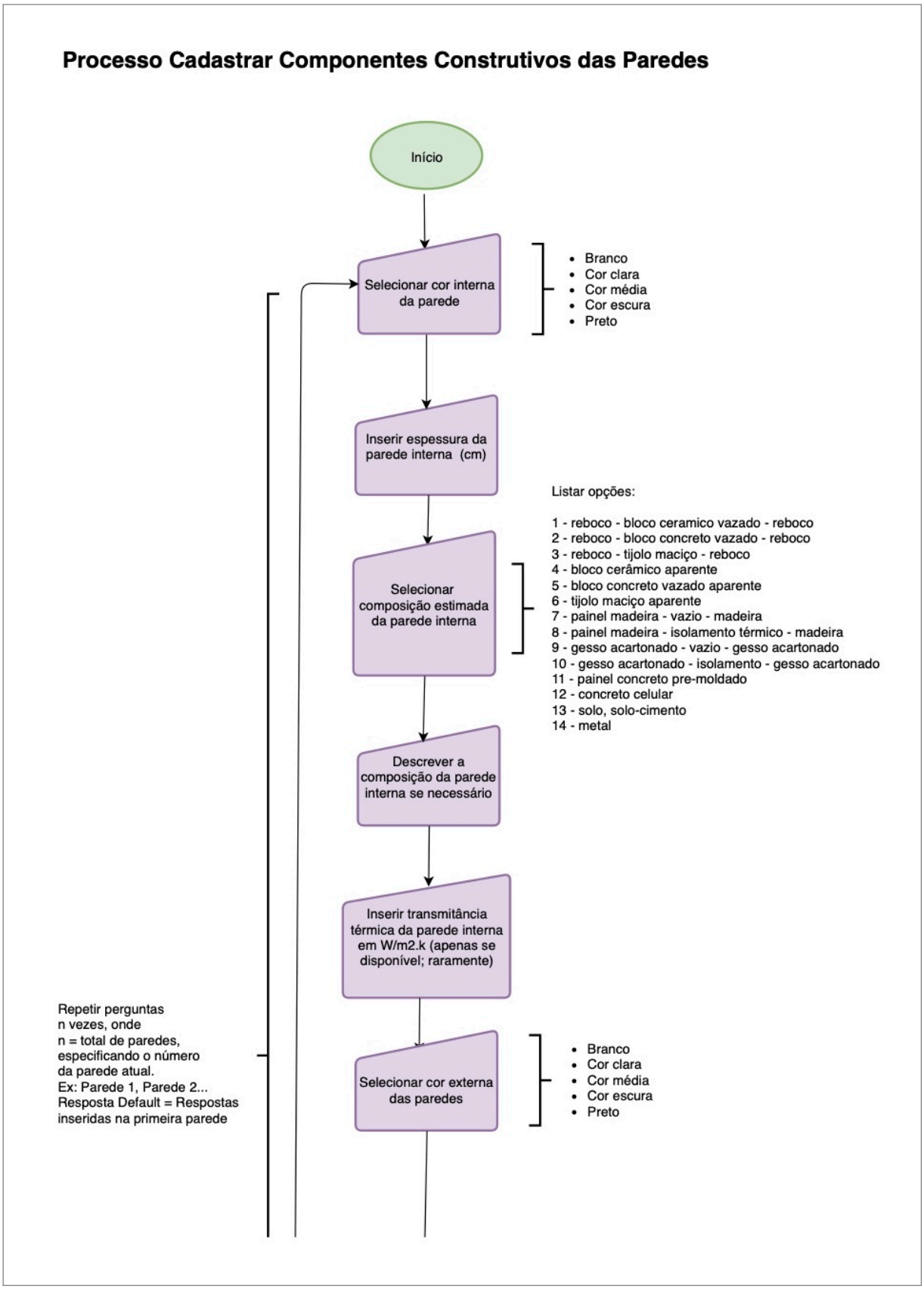
C.10 PROCESSO 10 - CADASTRAR COMPONENTES CONSTRUTIVOS



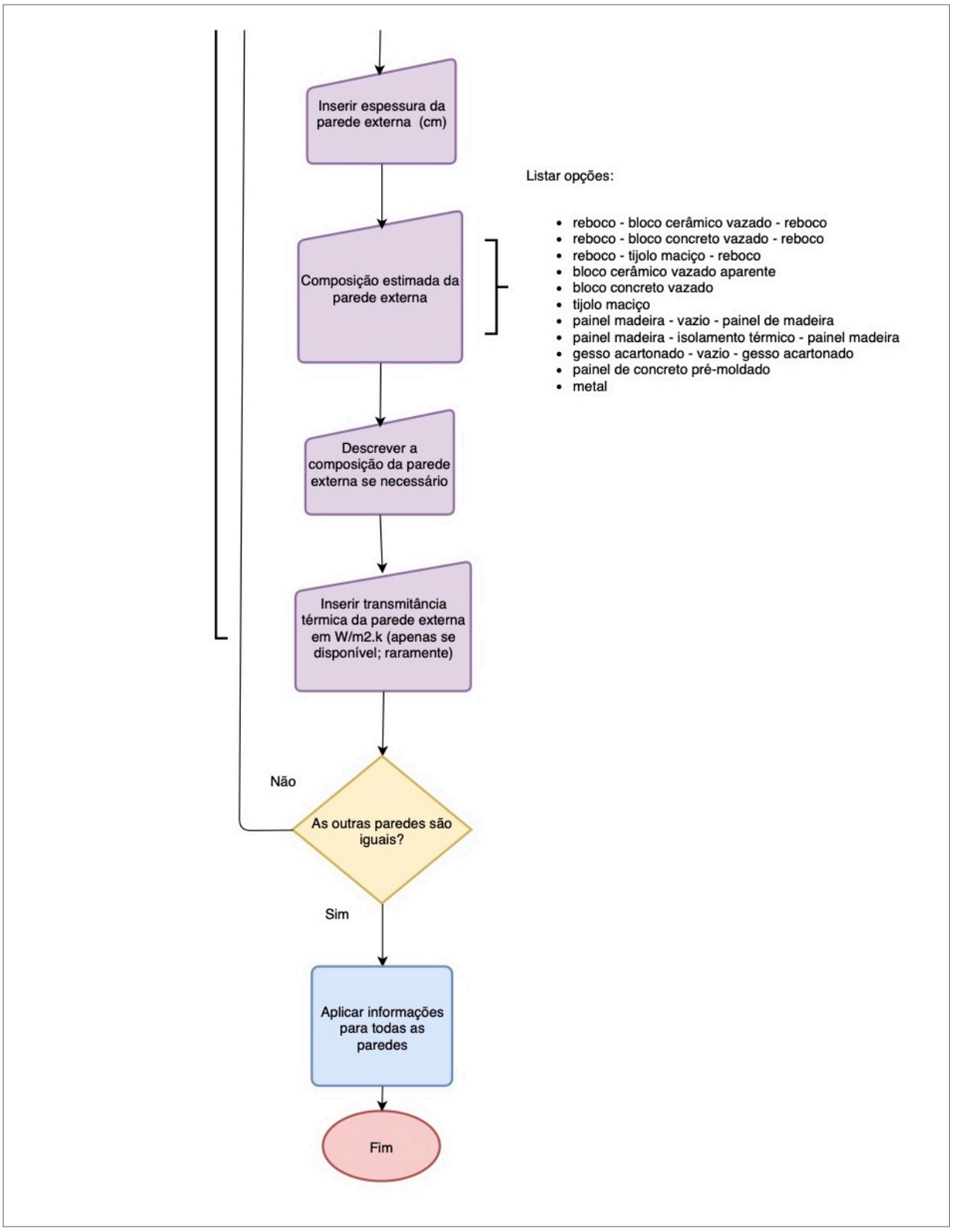
C.11 PROCESSO 11 - CADASTRAR COMPONENTES CONSTRUTIVOS DO PISO



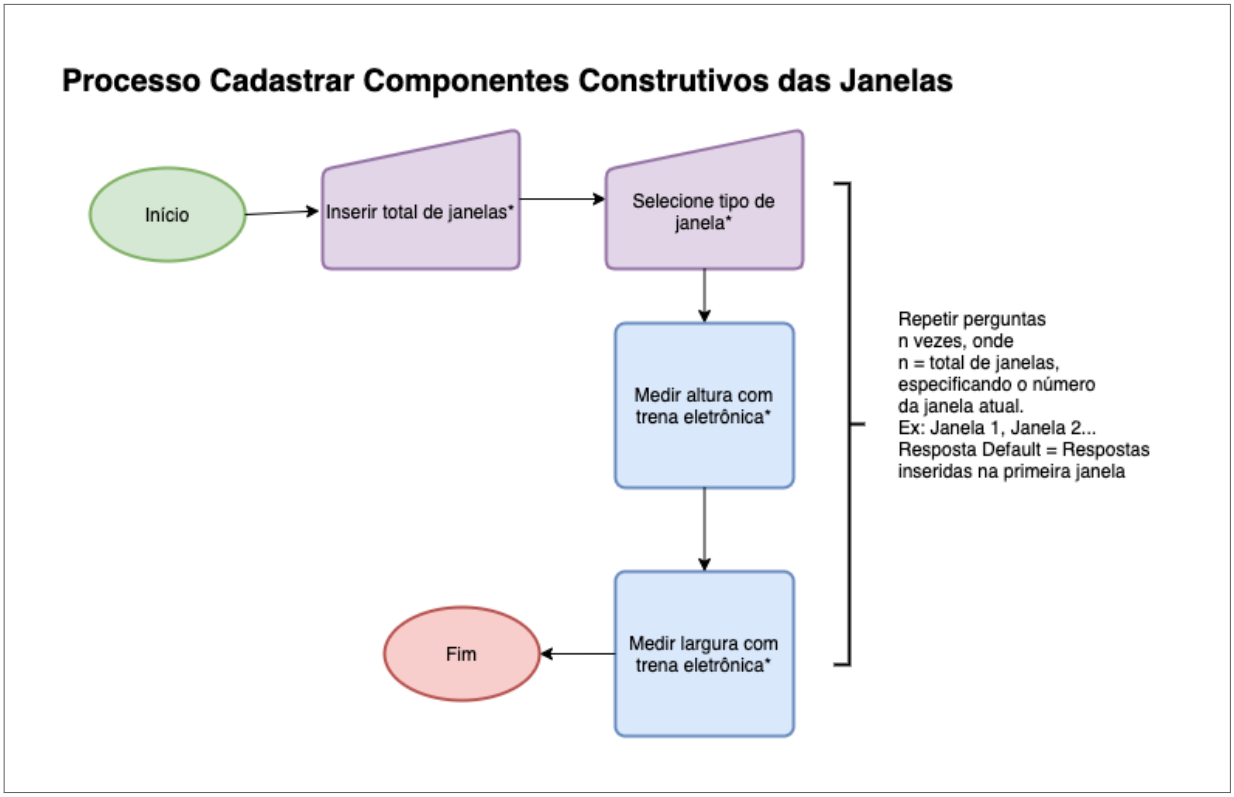
C.12 PROCESSO 12 - CADASTRAR COMPONENTES CONSTRUTIVOS DAS PAREDES - PARTE 1



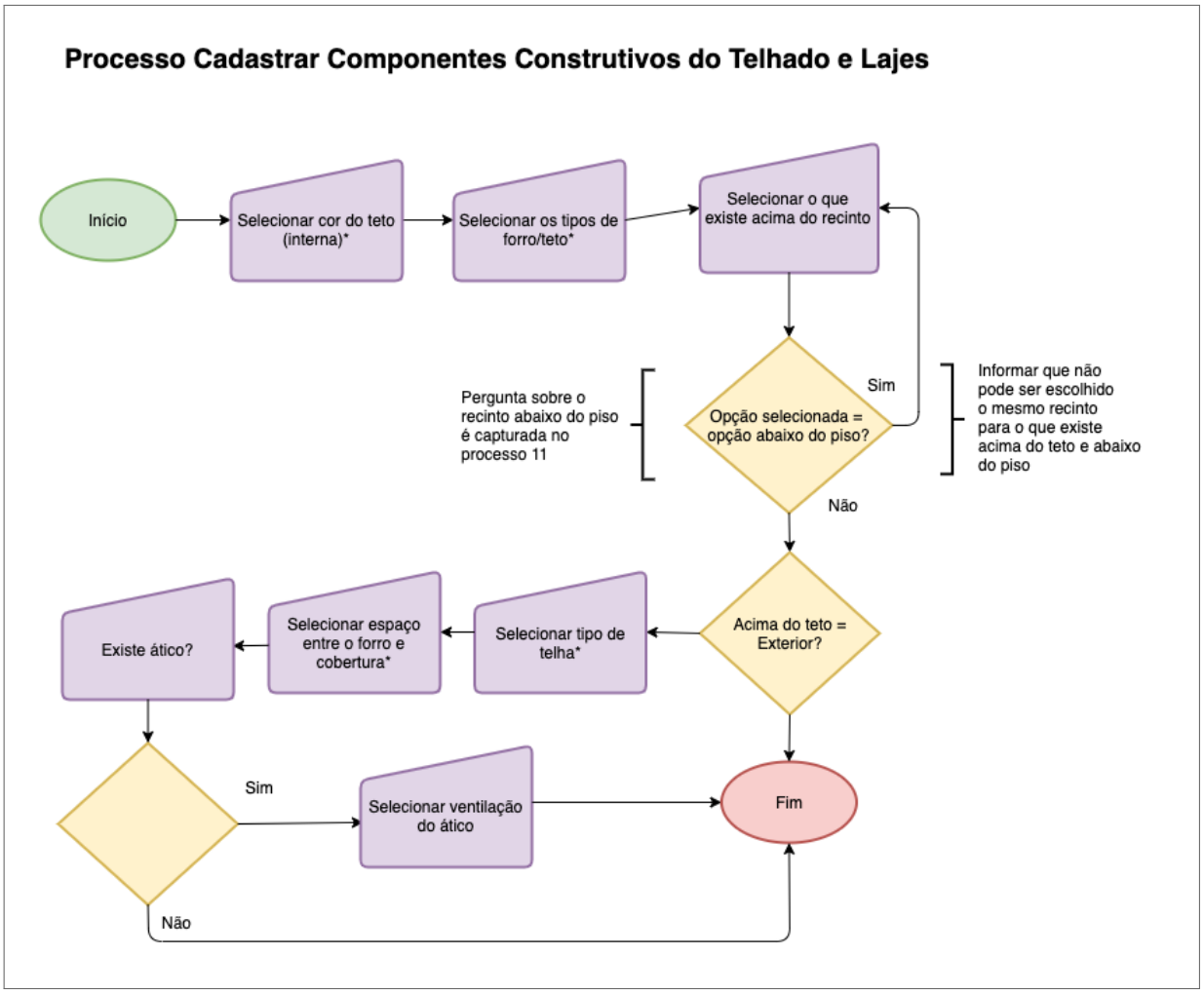
C.13 PROCESSO 12 - CADASTRAR COMPONENTES CONSTRUTIVOS DAS PAREDES - PARTE 2



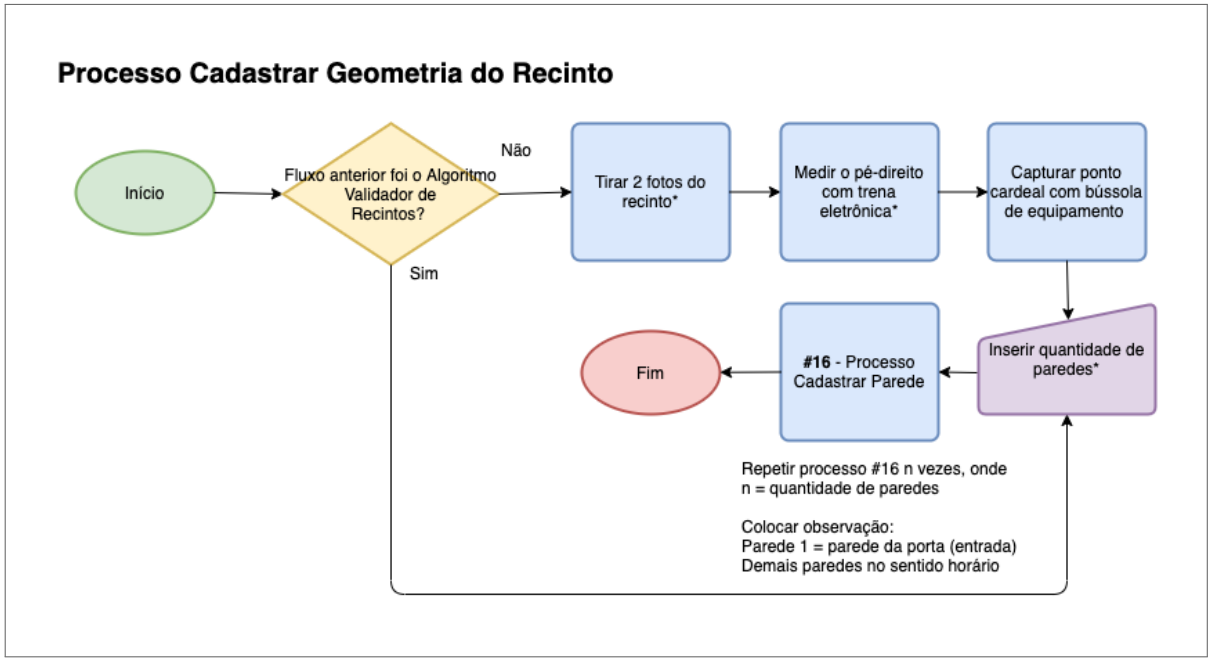
C.14 PROCESSO 13 - CADASTRAR COMPONENTES CONSTRUTIVOS DAS JANELAS



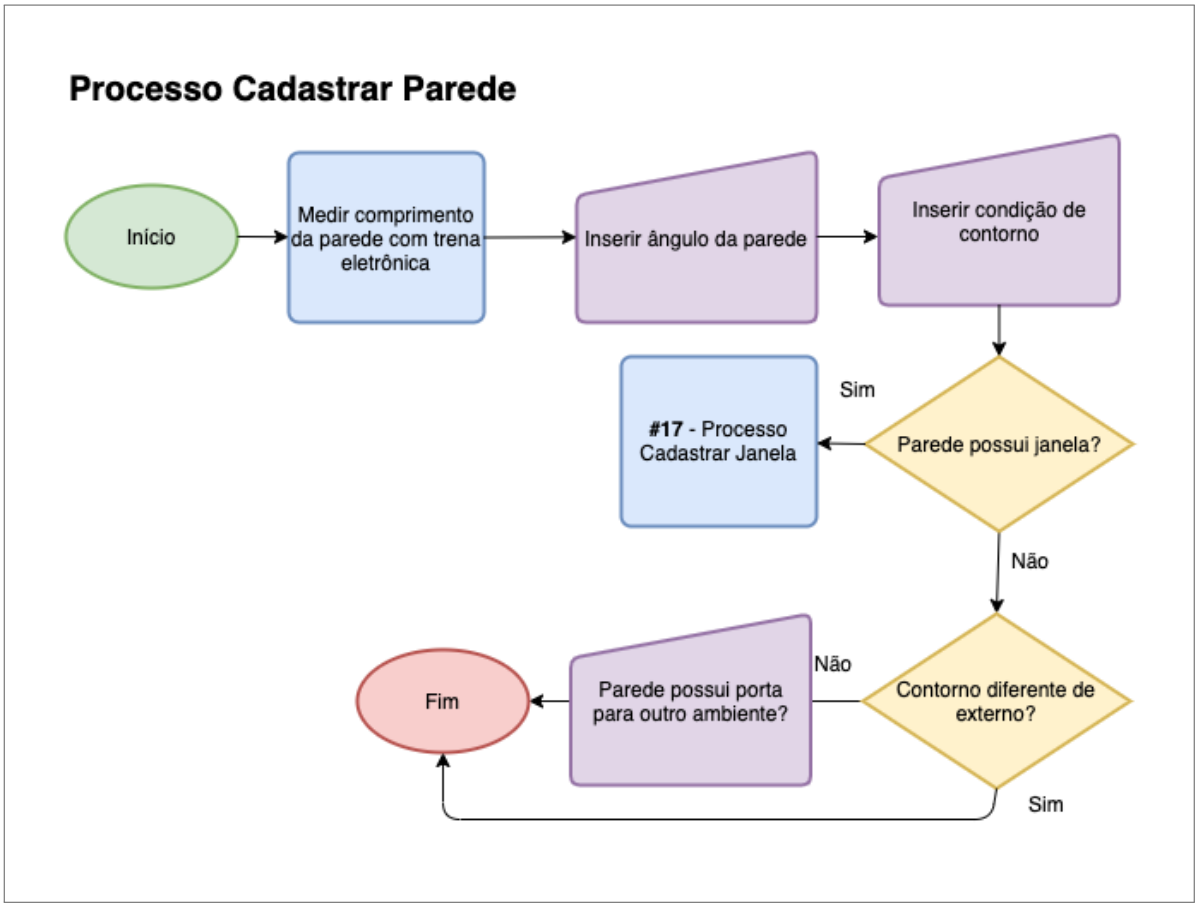
C.15 PROCESSO 14 - CADASTRAR COMPONENTES CONSTRUTIVOS DO TELHADO E LAJES



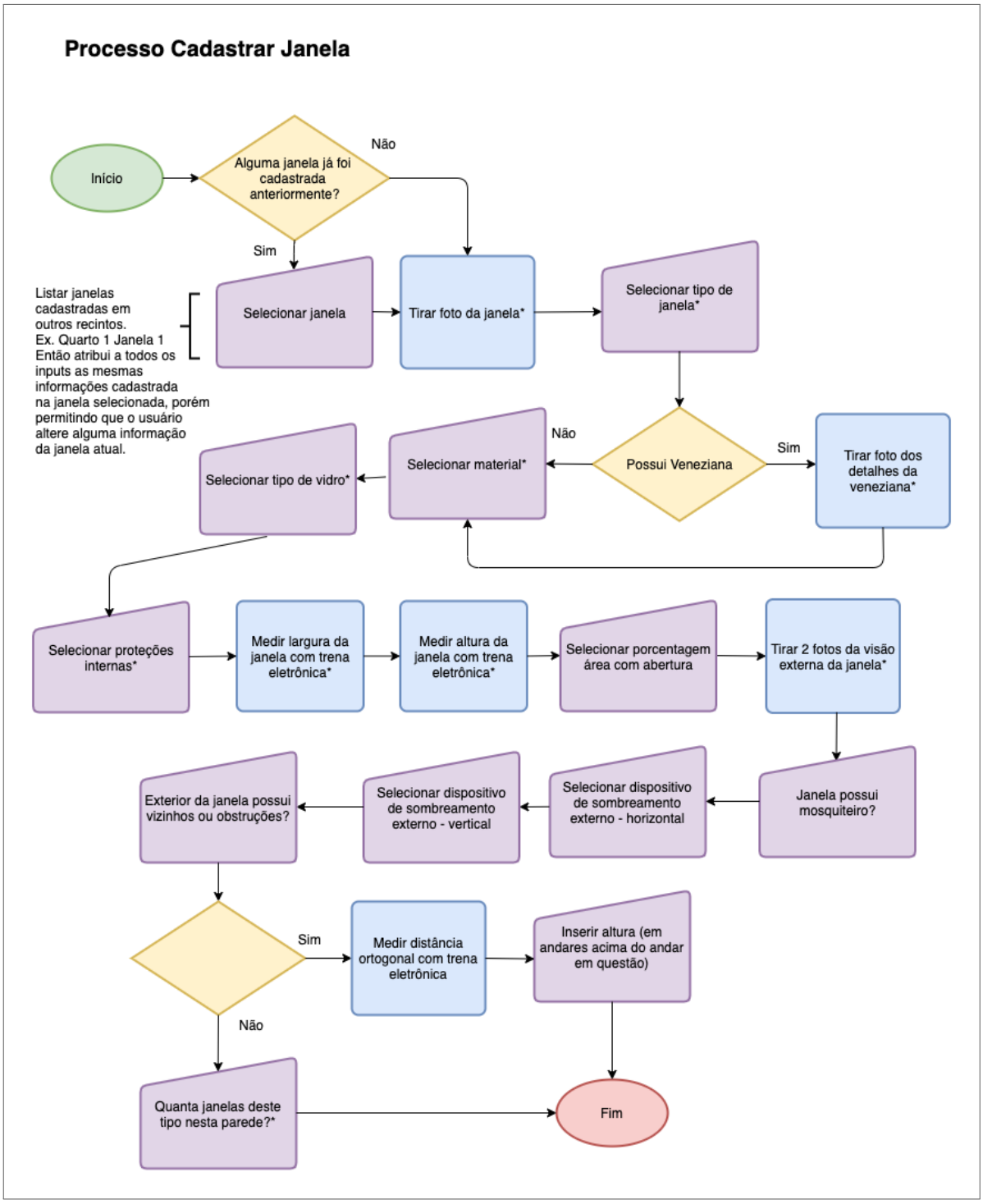
C.16 PROCESSO 15 - CADASTRAR GEOMETRIA DO RECINTO



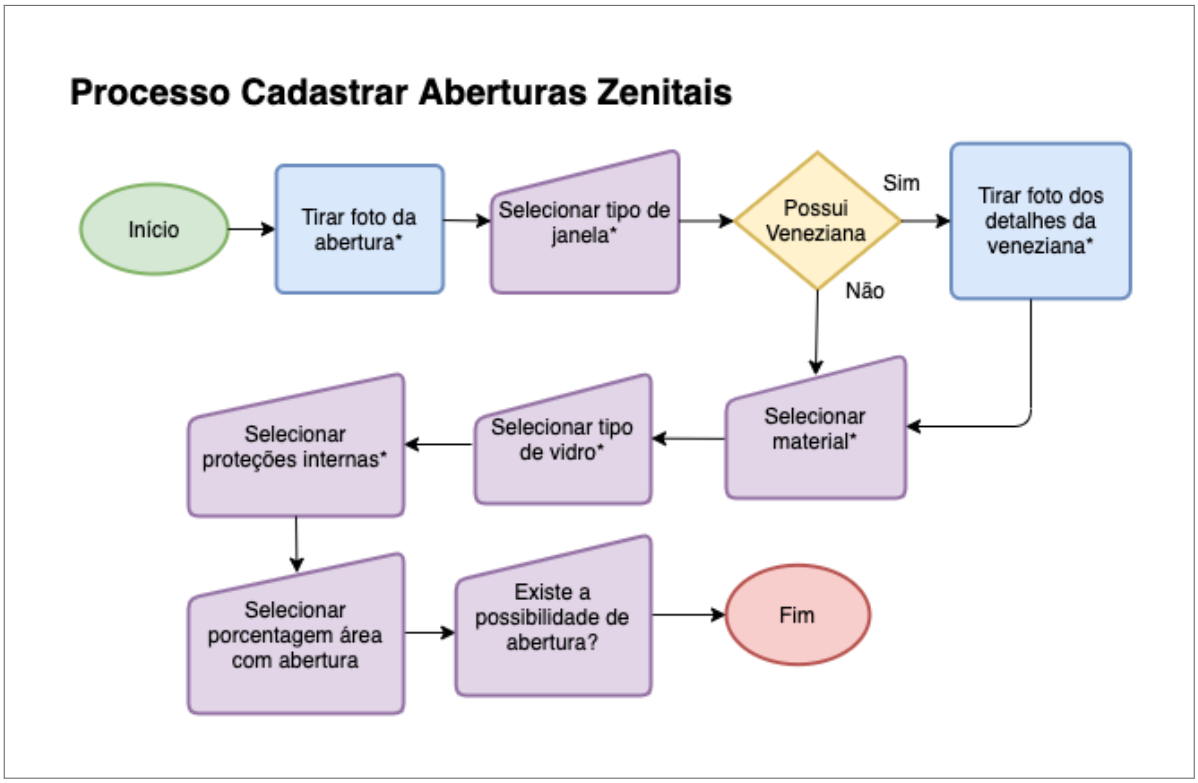
C.17 PROCESSO 16 - CADASTRAR PAREDE



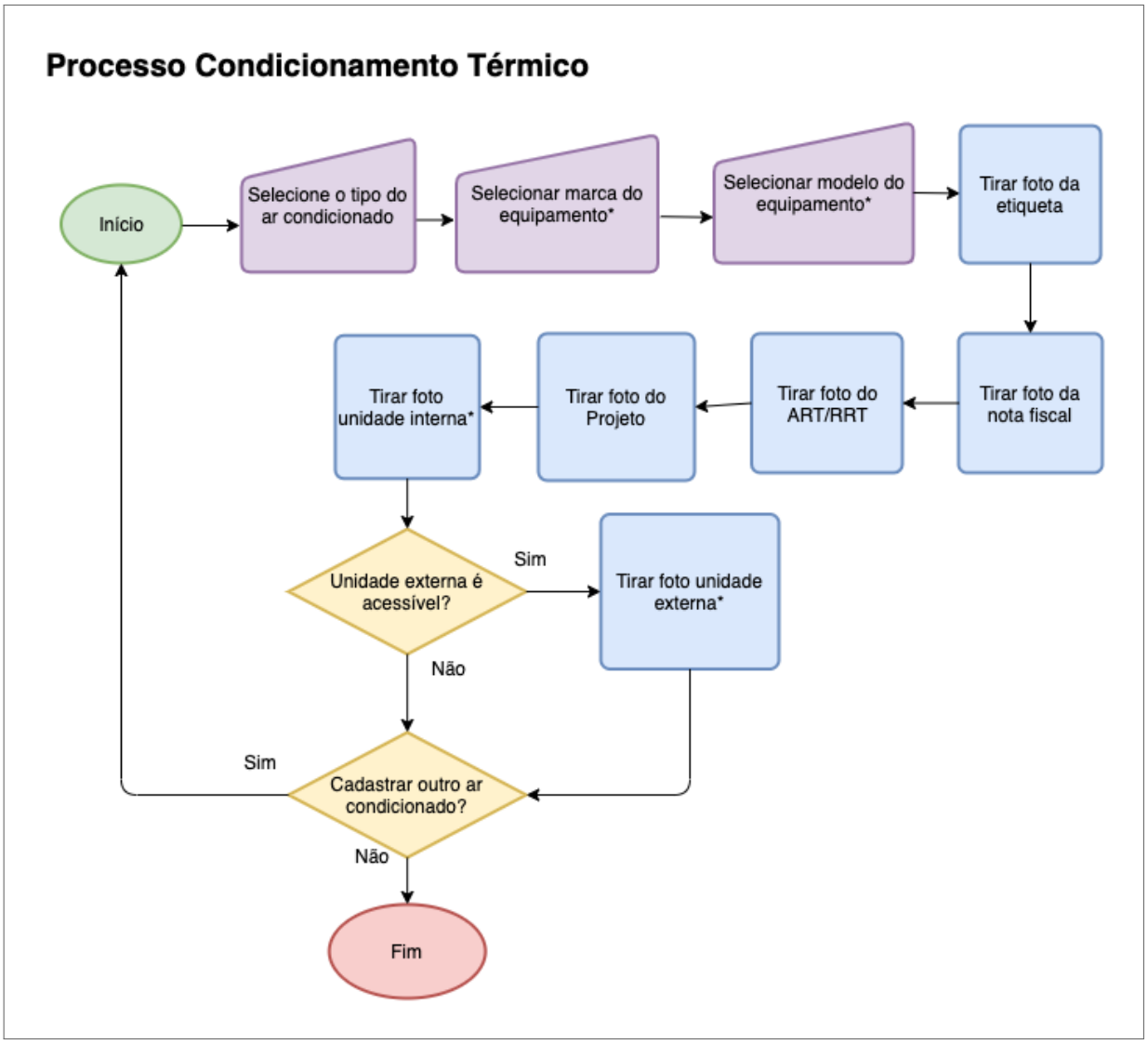
C.18 PROCESSO 17 - CADASTRAR JANELA



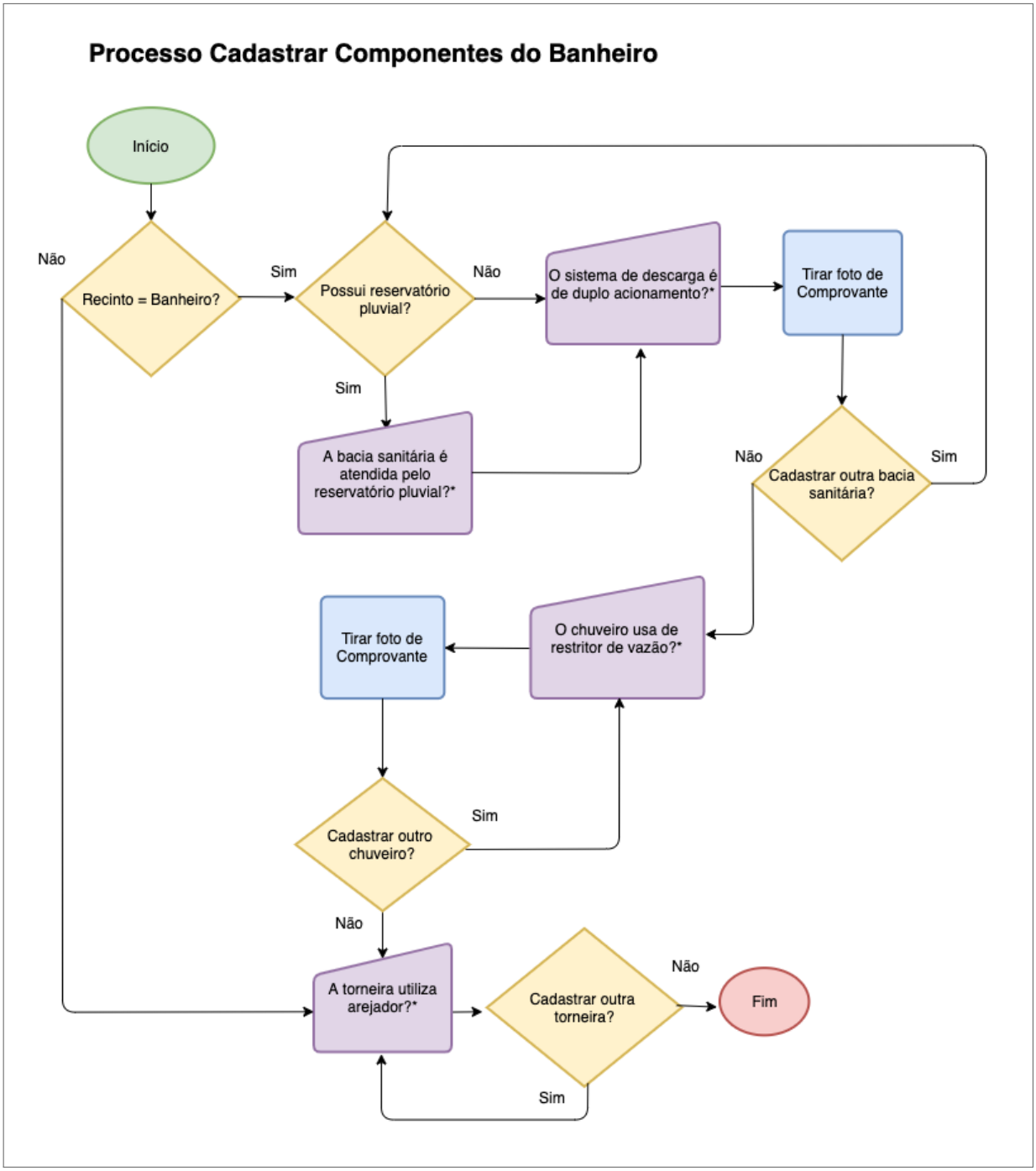
C.19 PROCESSO 18 - CADASTRAR ABERTURAS ZENITAIS



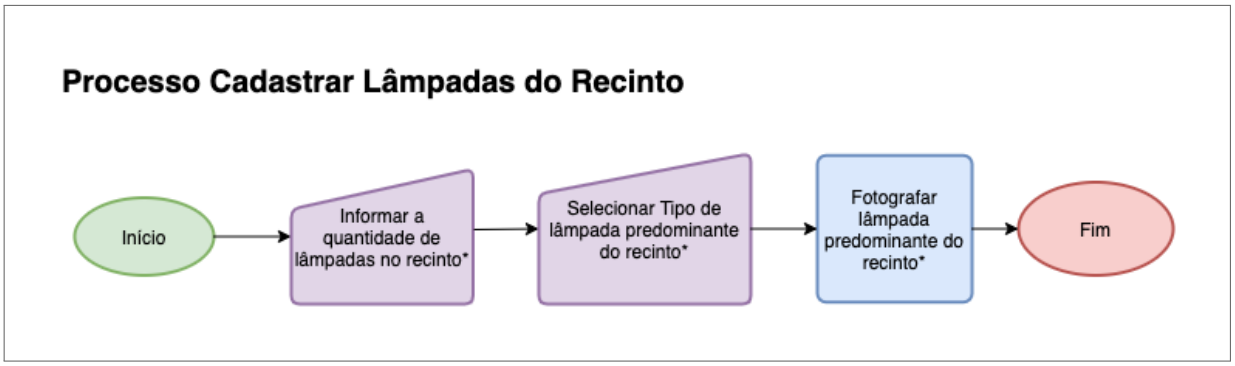
C.20 PROCESSO 19 - CONDICIONAMENTO TÉRMICO



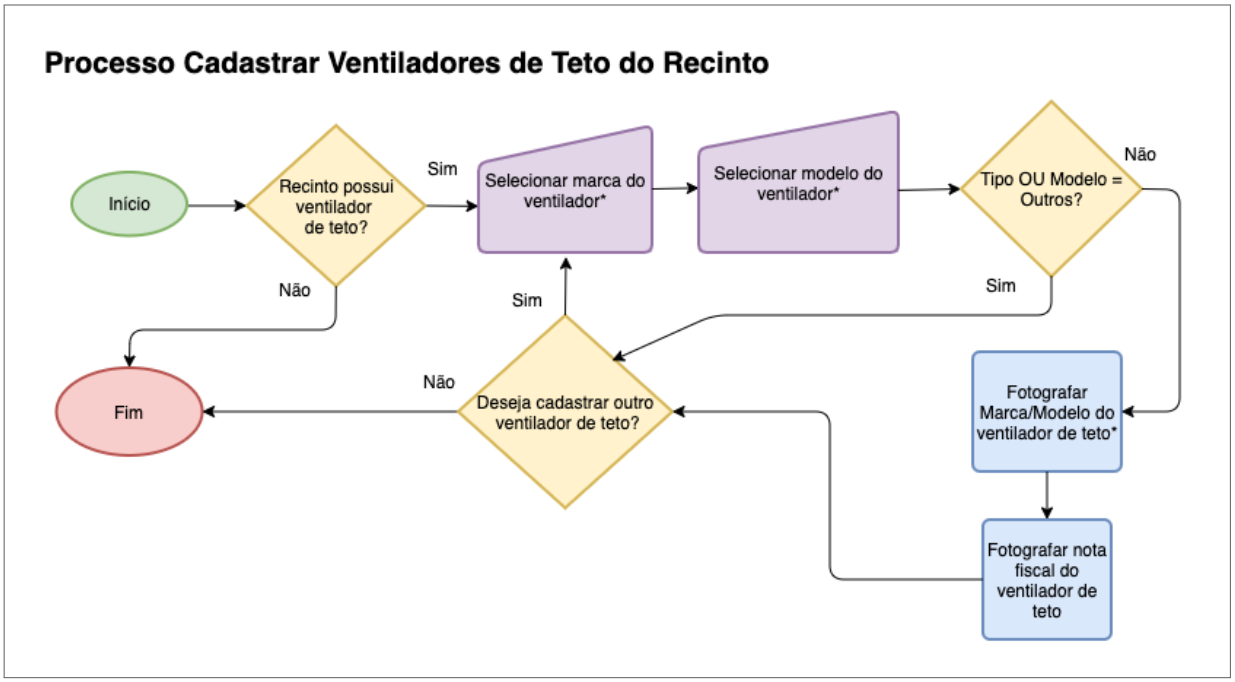
C.21 PROCESSO 20 - CADASTRAR COMPONENTES DO BANHEIRO



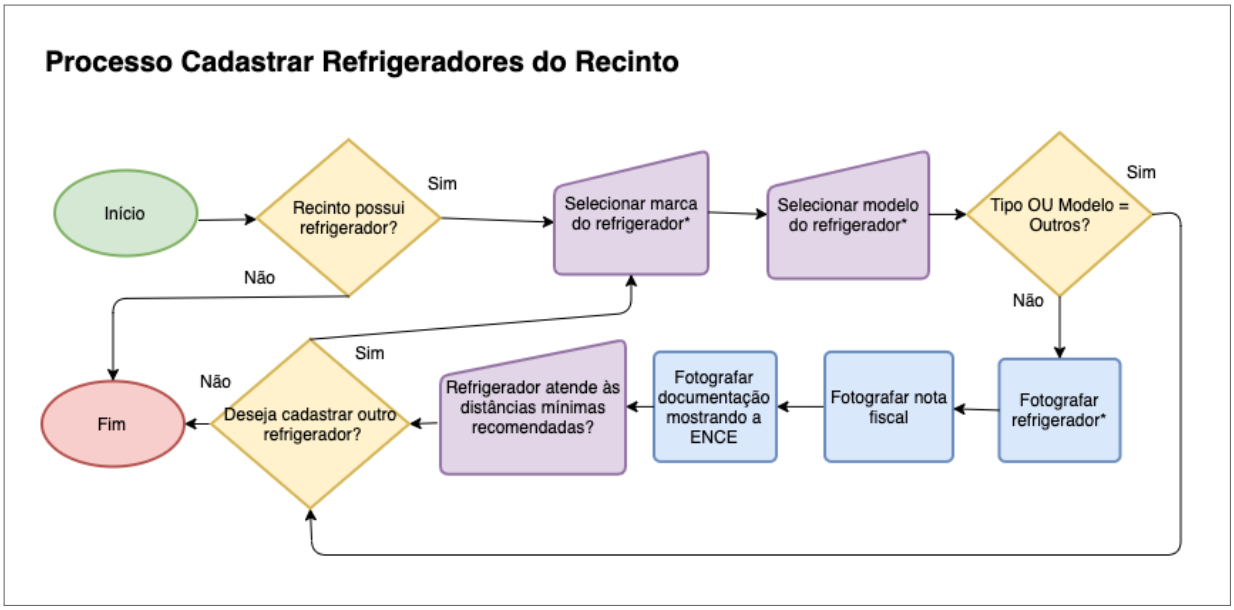
C.22 PROCESSO 21 - CADASTRAR LÂMPADAS DO RECINTO



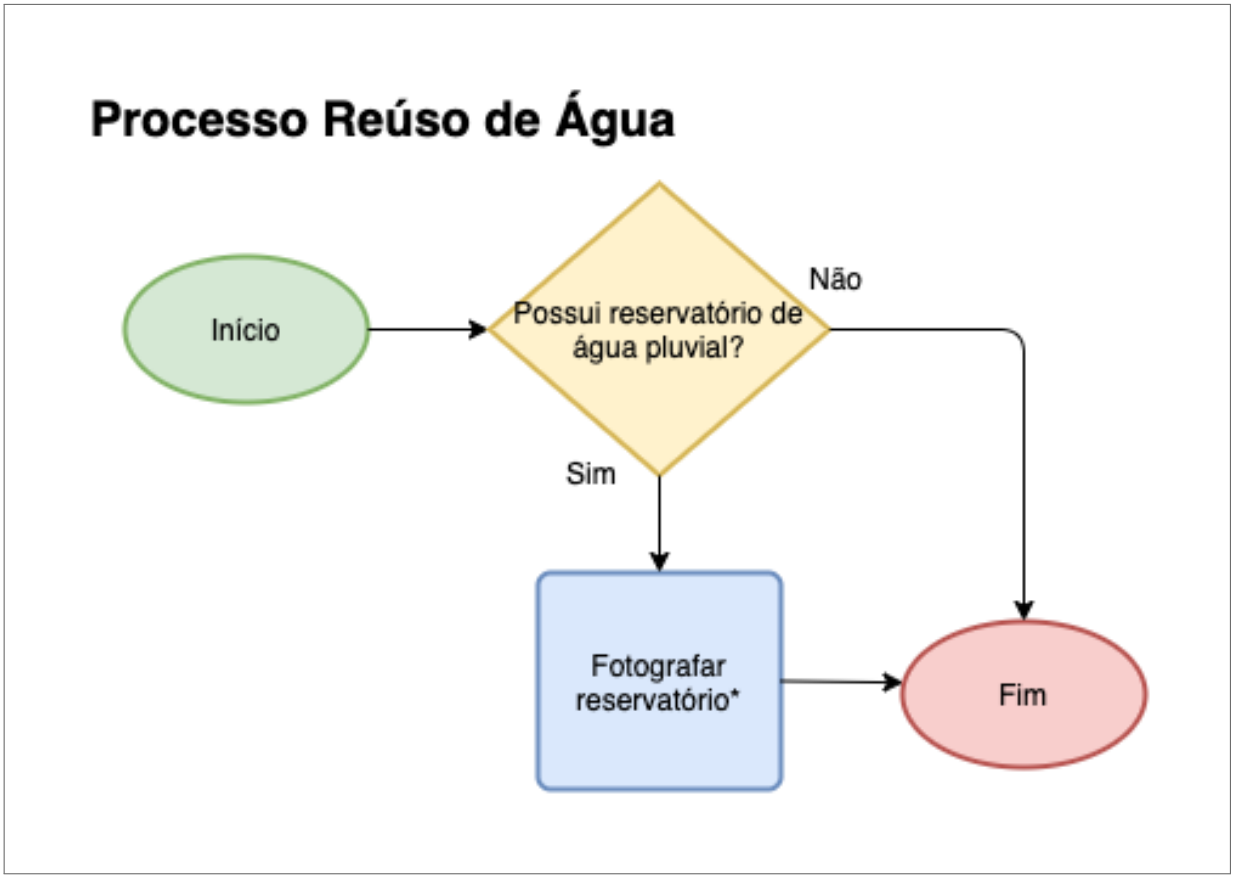
C.23 PROCESSO 22 - CADASTRAR VENTILADORES DE TETO DO RECINTO



C.24 PROCESSO 23 - CADASTRAR REFRIGERADORES DO RECINTO



C.25 PROCESSO 24 - REUSO DE ÁGUA



APÊNDICE D – ALGORITMO DE ANÁLISE DA CONDIÇÃO DE CONTORNO DOS RECINTOS

O algoritmo tem como objetivo ampliar a qualidade da coleta de dados in loco, evitando inconsistências.

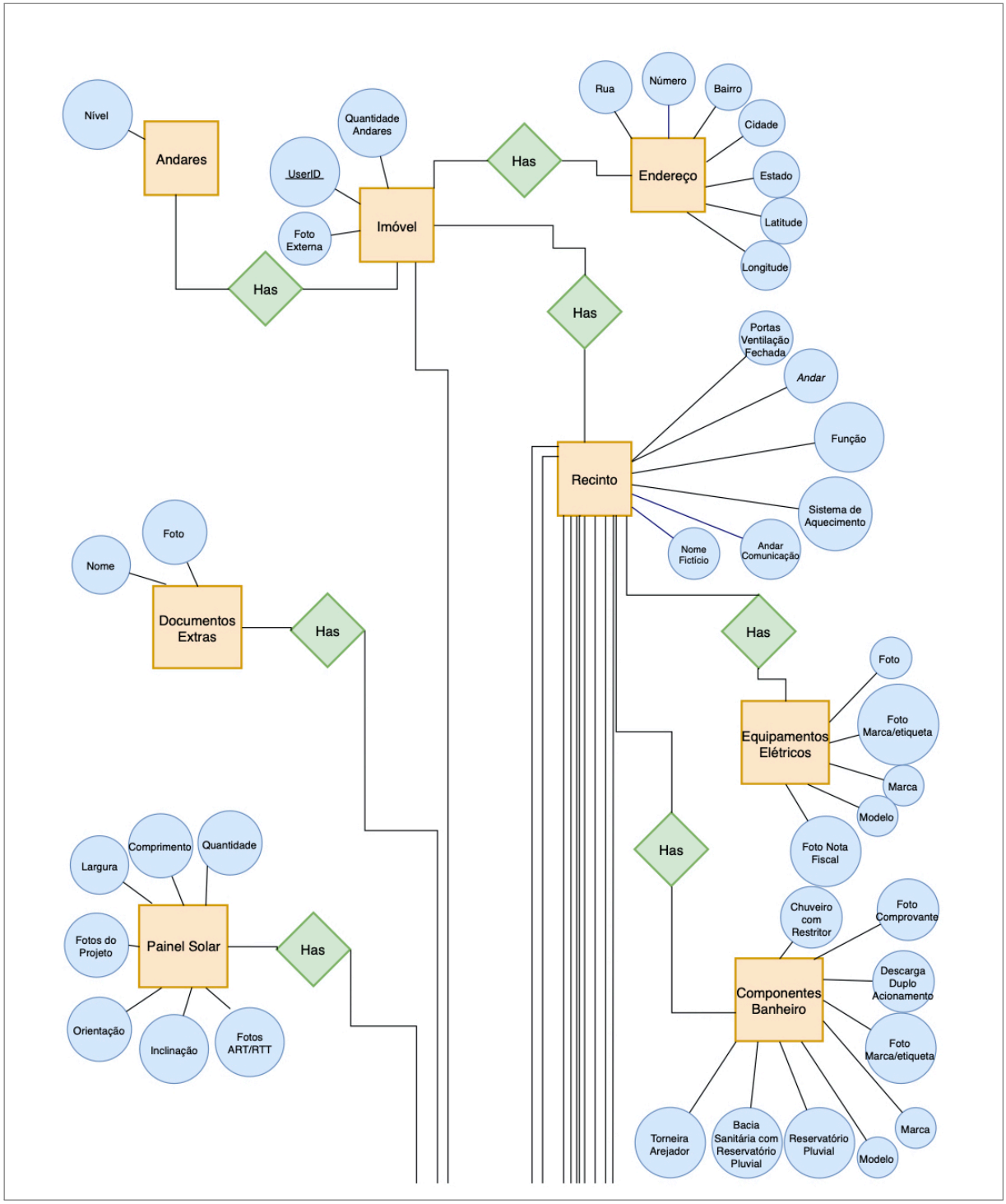
Seu objetivo está em validar as condições de contorno de um recinto. O inspetor preencherá as informações externas de cada recinto, o algoritmo então verificará se as informações de cada recinto coincidem. Ex.: Se no recinto_1, a parede_1 possui condição de contorno a parede_3 do recinto_5, essa última (parede_3) deve possuir a primeira (parede_1) como condição de contorno. Este algoritmo utiliza uma pseudo linguagem para melhor entendimento de todos os envolvidos.

Algorítimo D.1: Algoritmo de Análise daCondição de Contorno dos Recintos.

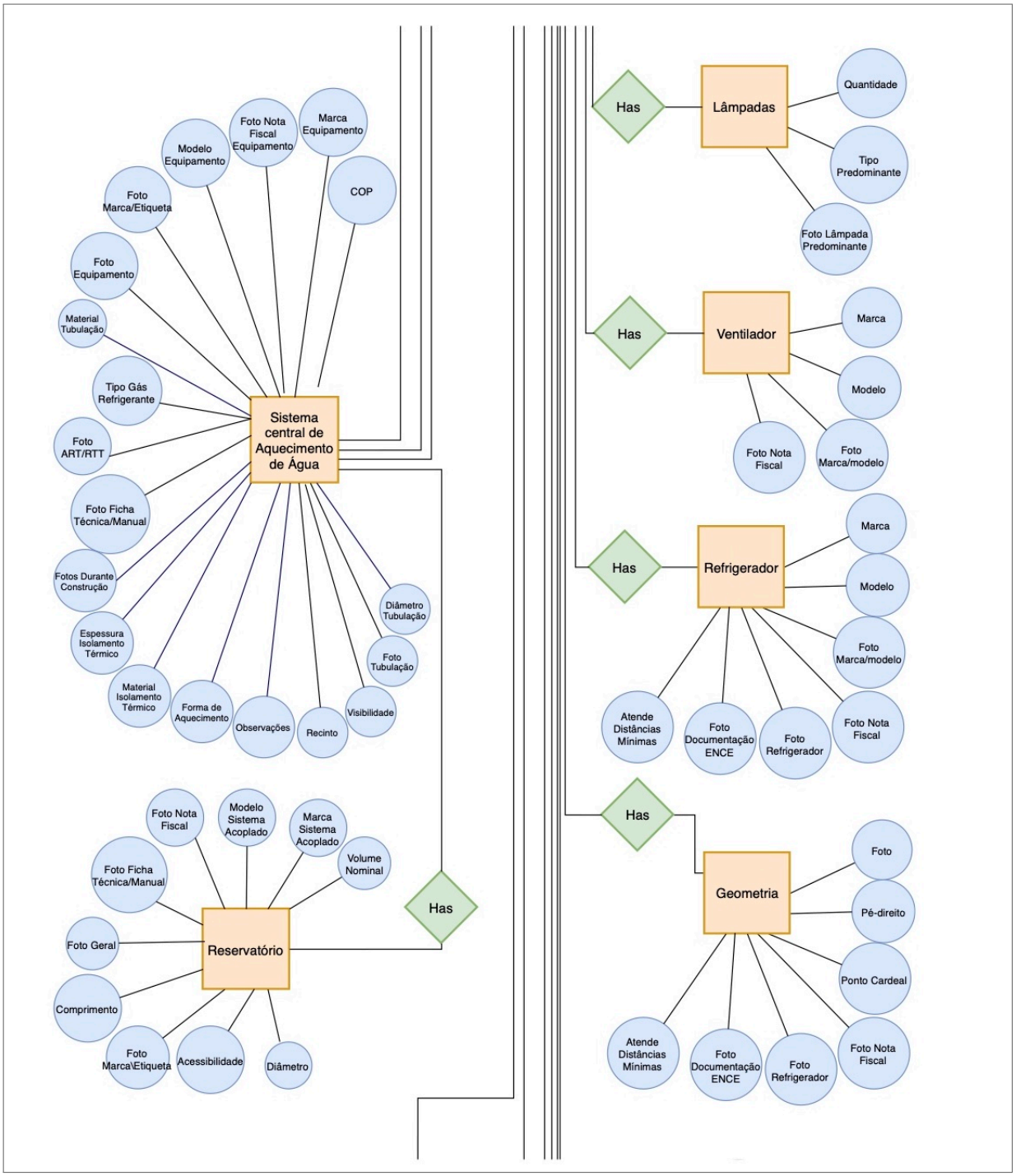
```
1  var array arrayDeRecintos; //um array ou objeto com  todos os recintos
       cadastrados
   var int quantidadeRecintos;
3  se quantidadeRecintos > 0
       //percorre por todos os recintos
5      paracada recinto em arrayDeRecintos
           //percorre por todas as paredes do recinto
7          paracada parede em recinto
               // demonimarei o recinto encontrado como recintoContorno
9              se parede.condicaoContorno == algumRecintoCadastrado
                   var validacao = falso
11                 //percorre
                   paracada paredeDoContorno em recintoContorno
13                     se paredeDoContorno.condicaoContorno == recinto
                           validacao = verdadeiro
15                         sairdoloop
                       fimse
17                 fimparacada

19                 se validacao == falso
                       exibir "A parede {{numero da parede}} do recinto {{nome do
                            recinto}} esta com uma inconsistencia ao verificar sua
                            condicao de contorno com o recinto {{nome do
                           recintoContorno}}."
21                 fimse
               fimse
23         fimparacada
       fimparacada
25 fimse
```

APÊNDICE E – DIGRAMA DE ENTIDADES E SEUS RELACIONAMENTOS

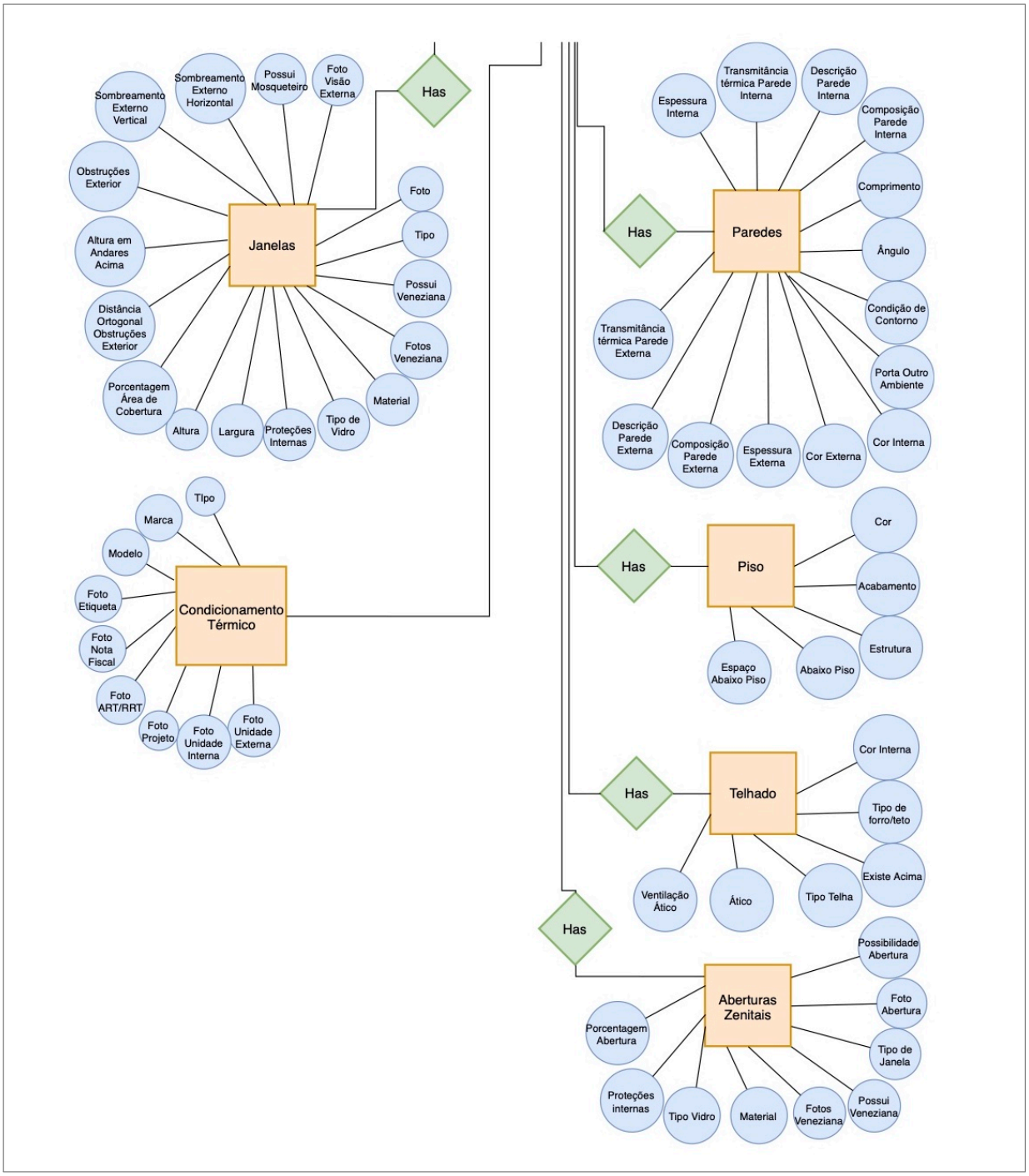
E.1 DIAGRAMAS E RELACIONAMENTOS - PARTE 1



E.2 DIAGRAMAS E RELACIONAMENTOS - PARTE 2



E.3 DIAGRAMAS E RELACIONAMENTOS - PARTE 3



APÊNDICE F – EXEMPLO DE ARQUIVO NO FORMATO JSON GERADO PELO APLICATIVO MÓVEL


```
{
    "relatorio_asbuilt": "http://domain_and_location_pdf_file",
    "uh_ou_usocomum": "uh",
    "municipio": "nothing",
    "estado": "PE",
    "regiao": "sul",
    "reservatorio_agua_pluvial": "sim",
    "aa_existe": "sim",
    "aa_sistemas_numero": 1,
    "aa_norma_atende": "sim",
    "aa_sistema": [
        {
            "id_aa": 1,
            "tipo": "acumulacao_eletrico",
            "reservatorio_comprimento": 1.54,
            "reservatorio_diametro": 0.53,
            "resistencia_termica_reservatorio": 2.4,
            "vol_reservatorio": 0.2,
            "ence": "a",
            "potencia": null,
            "cop": null,
            "area_painel": null,
            "numero_paineis": null,
            "orientacao_paineis": null,
            "inclinacao_paneis": null,
            "fator_eff": null,
            "fr_ul": null,
            "tubulacao_material": "cobre",
            "tubulacao_mat_isolamento": "poliuretano_calha",
            "tubulacao_diametro": 0.035,
            "tubulacao_espessura_isolamento": 0.011
        }
    ],
    "andares_numero": 1,
    "andar": [
        {
            "id_a": 1,
            "indice": -1,
            "nome": "piso inferior"
        }
    ],
    "recintos_numero": 3,
    "recinto": [
        {
            "id_r": 1,
            "funcao": "banheiro",
            "porta_ventilacao": "nao",
            "area": 8.34,
            "aa_sist_torneira": 0,
            "aa_sist1_chuveiro": 1,
            "aa_sist2_chuveiro": 0,
```

```
            "aa_sist_hidro": 0,
            "bacia_reuso": "nao",
            "bacia_duploacionamento": "nao",
            "chuveiro_restritor": "nao",
            "torneira_arejador": "nao",
            "nome": "banheiro suite",
            "andar": 1,
            "pe_direito": 2.9,
            "numero_paredes": 4,
            "orientacao_porta": 315,
            "parede": [
                {
                    "id_p": 1,
                    "comprimento": 5,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 1,
                    "cor_interna": 1,
                    "cor_externa": 3,
                    "espesssura": 0.12,
                    "descricao_composicao": "reboco 2cm, bloco de solocimento 23 cm,
                        reboco 2cm",
                    "transmitancia": 2.23,
                    "absortancia_externa": 0.7,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 2,
                    "comprimento": 2,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 3,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 3,
                    "comprimento": 5,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 8,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 4,
                    "comprimento": 2,
```

```
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": -2,
                    "material": 2,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                }
            ],
            "piso": {
                "condicao_contorno": -1,
                "espaco_ar_sob_piso": 0,
                "espaco_ar_sob_piso": 0,
                "material": 1,
                "acabamento": 1,
                "cor_interna": 2
            },
            "teto": {
                "condicao_contorno": 0,
                "material": 0,
                "cor_interna": 2,
                "atico": 0,
                "atico_ventilacao": 0,
                "telhado": 5,
                "janela": null
            },
            "condicionamento": null,
            "lampadas": {
                "quantidade": 1,
                "tipo": 2
            },
            "ventiladores_teto": null,
            "refrigerador": null
        },
        {
            "id_r": 2,
            "funcao": "quarto",
            "porta_ventilacao": "nao",
            "area": 8.34,
            "aa_sist_torneira": null,
            "aa_sist1_chuveiro": null,
            "aa_sist2_chuveiro": null,
            "aa_sist_hidro": null,
            "bacia_reuso": null,
            "bacia_duploacionamento": null,
            "chuveiro_restritor": null,
            "torneira_arejador": null,
            "nome": "quarto casal",
            "andar": 1,
            "pe_direito": 2.7,
            "numero_paredes": 6,
            "orientacao_porta": 315,
            "parede": [
                {
```

```
                    "id_p": 1,
                    "comprimento": 4,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 4,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": [
                    {
                        "id_j": 1,
                        "tipo": 2,
                        "veneziana": 0,
                        "material": 1,
                        "vidro": 1,
                        "protecao_interna_tipo": null,
                        "protecao_interna_cor": null,
                        "largura": 1.2,
                        "altura": 1.05,
                        "area_abertura": 3,
                        "tela-mosquiteiro": 0,
                        "sombreamento_horiz": 0,
                        "sombreamento_vertical": 0,
                        "obstrucao": 1,
                        "obstrucao_distancia": 3.5,
                        "obstrucao_andares": 1,
                        "quantidade_janelas": 1
                    }
                    ]
                },
                {
                    "id_p": 2,
                    "comprimento": 7,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 6,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 3,
                    "comprimento": 2,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 5,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
```

```
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 4,
                    "comprimento": 5,
                    "angulo": 270,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 8,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 5,
                    "comprimento": 2,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 3,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
                {
                    "id_p": 6,
                    "comprimento": 2,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 7,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                }
            ],
            "piso": {
                "condicao_contorno": -1,
                "espaco_ar_sob_piso": null,
                "material": 2,
                "acabamento": 2,
                "cor_interna": 2
            },
            "teto": {
                "condicao_contorno": 0,
                "material": 0,
```

```
                "cor_interna": 2,
                "atico": 0,
                "atico_ventilacao": 0,
                "telhado": 5,
                "janela": null
            },
            "condicionamento": {
                "power": 2000,
                "COP": 3.2,
                "ence": "a",
                "quantidade": 1
            },
            "lampadas": {
                "quantidade": 1,
                "tipo": 2
            },
            "ventiladores_teto": {
                "quantidade": 1,
                "ence": "b"
            },
            "refrigerador": {
                "ence": "b"
            }
        },
        {
            "id_r": 3,
            "funcao": "lavabo",
            "porta_ventilacao": "nao",
            "area": 8.34,
            "aa_sist_torneira": 0,
            "aa_sist1_chuveiro": null,
            "aa_sist2_chuveiro": null,
            "aa_sist_hidro": null,
            "bacia_reuso": "nao",
            "bacia_duploacionamento": "nao",
            "chuveiro_restritor": null,
            "torneira_arejador": "nao",
            "nome": "lavabo social",
            "andar": 1,
            "pe_direito": 3.2,
            "numero_paredes": 4,
            "orientacao_porta": 45,
            "parede": [
                {
                    "id_p": 1,
                    "comprimento": 6,
                    "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
                    "material": 9,
                    "cor_interna": null,
                    "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
                    "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
                    "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
                },
```

```
                {
337                 "id_p": 2,
                    "comprimento": 2,
339                 "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
341                 "material": 10,
                    "cor_interna": null,
343                 "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
345                 "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
347                 "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
349             },
                {
351                 "id_p": 3,
                    "comprimento": 6,
353                 "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
355                 "material": 6,
                    "cor_interna": null,
357                 "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
359                 "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
361                 "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
363             },
                {
365                 "id_p": 4,
                    "comprimento": 2,
367                 "angulo": 90,
                    "condicao_contorno": 0,
369                 "material": 13,
                    "cor_interna": null,
371                 "cor_externa": null,
                    "espesssura": null,
373                 "descricao_composicao": null,
                    "transmitancia": null,
375                 "absortancia_externa": null,
                    "janela": null
377             }
            ],
379         "piso": {
                "condicao_contorno": -1,
381             "espaco_ar_sob_piso": null,
                "material": 3,
383             "acabamento": 3,
                "cor_interna": 2
385         },
            "teto": {
387             "condicao_contorno": 0,
                "material": 0,
389             "cor_interna": 2,
                "atico": 0,
391             "atico_ventilacao": 0,
                "telhado": 5,
```

```
                "janela": [
                    {
                        "id_j": 1,
                        "tipo": 2,
                        "veneziana": 0,
                        "material": 1,
                        "vidro": 1,
                        "protecao_interna_tipo": null,
                        "protecao_interna_cor": null,
                        "largura": 1.2,
                        "altura": 1.05,
                        "area_abertura": 1,
                        "abertura_possivel": 0,
                        "quantidade_janelas": 1
                    }
                    ]
            },
            "condicionamento": null,
            "lampadas": {
                "quantidade": 1,
                "tipo": 2
            },
            "ventiladores_teto": null,
            "refrigerador": null
        }
    ]
}
```