UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E DA SAÚDE

WAGNER PAULO BARBOSA DE ANDRADE

FORESTINV: UM APLICATIVO MOBILE PARA INVENTÁRIO FLORESTAL DE FLORESTAS PLANTADAS

ALEGRE
2022

WAGNER PAULO BARBOSA DE ANDRADE

FORESTINV: UM APLICATIVO MOBILE PARA INVENTÁRIO FLORESTAL DE FLORESTAS PLANTADAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Computação do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Clayton Vieira Fraga.

ALEGRE
2022

WAGNER PAULO BARBOSA DE ANDRADE

FORESTINV: UM APLICATIVO MOBILE PARA INVENTÁRIO FLORESTAL DE FLORESTAS PLANTADAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Computação do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em ____ de agosto de 2022.

Banca Examinadora

_____

Prof. Dr. Clayton Vieira Fraga Filho
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

_____

Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Prof. MSc. Giuliano Prado de Morais Giglio
Universidade Federal do Espírito Santo

“Existe apenas um canto do universo

que você pode ter certeza de

aperfeiçoar, que é você mesmo.”

Aldous Huxley

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer imensamente minha mãe Maria Aparecida Barbosa Andrade (Cydah) e minha avó Maria da Silva Barbosa, que Deus a tenha, por terem acreditado em mim desde o início, por todo o sacrifício, por sempre me apoiarem e por serem as responsáveis em tornar tudo isso possível.

Também queria agradecer as minhas amigas, Joyce e Natália, por estarem comigo durante toda essa jornada, tanto nas alegrias e tristezas ao longo desses anos e por todo o aprendizado, vocês são foda demais. E aos amigos de Alegre Ismael, Laíza, Mitza, José Paulo, João Vitor, Laudiane, Marcos, Carletti entre tantos outros. E em especial Rawliston, que Deus o tenha, que me incentivou desde o início a ir para Alegre.

Obrigado também a todos os professores que ajudaram e contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional, em especial o meu professor orientador Clayton Vieira Fraga Filho, que fez com que esse trabalho pudesse tomar forma e me apoiou em todos os momentos.

Um obrigado especial para a psicóloga Ana, que me ajudou muito em momentos difíceis e que foi muito importante para conseguir chegar até aqui.

RESUMO

Durante a coleta de dados para um Inventário Florestal Contínuo, é comum erros aconteceram, seja por defeitos em instrumentos de medição, seja por inexperiência da equipe técnica ou até mesma pelas condições adversas. Visto que os dados coletados são de suma importância para utilização em modelos de produção, crescimento ou manejo, é necessário que seja haja uma confiabilidade destes dados. Um aplicativo para validação de consistência de dados no ato da coleta, foi desenvolvido, com suporte a exportação dos dados no formato csv. O aplicativo permite a validação de várias regras de consistência, garantido ao usuário confiabilidade nos dados, mas permitindo também uma flexibilidade possibilidade a ativação ou desativação das regras. Ao final do trabalho foi aplicado um questionário sobre a percepção das funcionalidades a um grupo de usuário do departamento de Engenharia Florestal de Jeronimo Monteiro.

Palavras-chave: Quantificação florestal. Aplicativo florestal. Engenharia florestal. Consistência de dados. Validação de dados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Área de um talhão dividido em parcelas compostas por árvores em diferentes idades. 20
Figura 2 Hipsômetro Vertex IV 31
Figura 3 Vertex Laser Geo 32
Figura 4 Coletor de Dados Honeywell Intermec CN51. 32
Figura 5 - Coletor de Dados Trimble Juno. 33
Figura 6 Coletor de Dados SifcubCE 34
Figura 7 Telas do aplicativo Mata Nativa Móvel 35
Figura 8 INFLOR Forest. 36
Figura 9 Interface do aplicativo "Smart Measure". 40
Figura 10 Interface do aplicativo "Measure height". 41
Figura 11 Diagrama de comunicação do aplicativo. 44
Figura 12 Diagrama de módulos do aplicativo 45
Figura 13 Arquitetura Limpa 46
Figura 14 Clean Dart", Arquitetura Limpa proposta pela comunidade do Flutter no Brasil 46
Figura 16 Visão geral da arquitetura 47
Figura 17 Diagrama de caso de uso do aplicativo ForestInv. 50
Figura 18 Protótipo da tela cadastrar árvore do aplicativo ForestInv 52
Figura 19 19 Tela de configuração das validações de consistência. 53
Figura 20 Funcionalidade de exportar projeto. 54
Figura 21 Modelo de domínio do aplicativo ForestInv 57
Figura 22 Diagrama de sequência do caso de uso "UC04 - Cadastrar árvore" 58
Figura 23 Diagrama de sequência do caso de uso "UC06 - Exportar projeto" 59
Figura 24 Tela de compartilhamento exibida para o usuário ao exportar um projeto 60
Figura 25 Diagrama de sequência do caso de uso "cadastrar usuário" com email e senha 61
Figura 26 Diagrama de sequência do caso de uso "cadastrar usuário" com google. 62
Figura 27 Tela de cadastro de usuário usando o google 62

Figura 28 Diagrama de estados do aplicativo 66
Figura 29 Tela de configuração de regras de consistência 67
Figura 30 Tela de cadastrar árvores 68
Figura 31 Tela de fluxograma de estados da árvore. 69
Figura 32 Tela com informações importantes ao cadastrar uma árvore. 70
Figura 33 Erro ao validar regra de consistência para espaçamento entre parcelas..71
Figura 34 Erro ao validar regra de consistência para intervalo entre medições. 72
Figura 35 Erro ao validar regra de consistência para dap e altura igual a zero. 73
Figura 36 Erro ao validar regra de consistência que verifica se o dap atual é menor que o dap anterior. 74
Figura 37 Erro ao validar regra de consistência para estado da árvore inválido. 75
Figura 38 Experiência ao utilizar o aplicativo. 77
Figura 39 Experiência ao cadastrar um projeto. 77
Figura 40 Experiência ao cadastrar informações de uma parcela.....78
Figura 41 Experiência ao cadastrar uma medição 79
Figura 42 Experiência ao cadastrar uma árvore.....79
Figura 43 Experiência ao exportar dados de um projeto em csv.....80
Figura 44 Crítica e sugestões para o aplicativo.....80
Figura 45 Tela de login.....103
Figura 46 Tela de cadastrar usuários.....104
Figura 47 Tela de recuperar senha 105
Figura 48 Tela do menu do aplicativo 106
Figura 49 Tela de listagem de projetos. 107
Figura 50 Tela minha conta. 108
Figura 51 Tela de editar conta.....109
Figura 52 Tela de configuração de regras de consistência 110
Figura 53 Tela de configuração do tamanho da fonte 111
Figura 54 Tela de cadastrar projeto 112
Figura 55 Tela de listagem de parcelas 113
Figura 56 Tela de cadastrar parcela.....114
Figura 57 Tela de listagem de medições. 115
Figura 58 Tela de cadastrar medição 116
Figura 59 Tela de listagem de árvores. 117
Figura 60 Tela de cadastrar árvores 118

Figura 61 Tela de tirar foto da árvore 119
Figura 62 Tela de fluxograma de estados da árvore. 120
Figura 63 Tela com informações importantes ao cadastrar uma árvore. 121
Figura 64 Dialog de alteração de tema do aplicativo. 122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Exemplo de árvore com DAP e HT = 0 e estado diferente de M, F, A. 26
Tabela 2 Exemplo de árvores com DAP2 < DAP1 entre medições consecutivas i e i+1, sendo i o ano da medição. 27
Tabela 3 Exemplo do número de fustes mortos (estado = M). 27
Tabela 4 Exemplo de número de clones em parcela 27
Tabela 5 Exemplo de clone com parcela indefinida. 28
Tabela 6 Exemplo de parcela com espaçamento indefinido. 28
Tabela 7 Exemplo de parcela com espaçamento diferente. 29
Tabela 8 Exemplo de medições que não atendam IDADE2 – IDADE1=1.....29
Tabela 9 Estado da árvore irreal, nas medições i e i + 1, onde i é o ano de medição. 29
Tabela 10 Comparação entre o software desenvolvido ForestInv com softwares conhecidos 64
Tabela 11 Melhorias sugeridas no teste de usabilidade. 76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 OBJETIVOS 17

2.1 Objetivo Geral 17

2.2 Objetivos Específicos 17

3 REVISÃO DE LITERATURA 18

3.1 Inventário Florestal 18

3.2 Inventário Florestal Contínuo 19

3.3 Tipos de Origem de Dados de Inventário Florestal 21

3.4 Qualidade de Dados 21

3.5 Identificação e Correção de Erros 24

3.6 Procedimentos de Consistência 25

3.6.1 Procedimentos para Árvore Individual 26

3.7 Dendrometria 18

3.7.1 Hipsômetros 30

3.8 Trabalhos Relacionados 36

3.8.1 Measurement errors in the use of smartphones as lowcost forestry hypsometers 36

3.8.2 Accuracy of smartphone applications in the field measurements of tree height 38

3.8.3 Aplicativos Relacionados 40

3.9 Arquitetura Limpa 41

4 METODOLOGIA 43

4.1 Implementação do Aplicativo 43

4.1.1 Arquitetura de comunicação com o Firebase 43

4.1.2 Arquitetura modular do aplicativo 44

4.1.3 Arquitetura Limpa nos Módulos do Aplicativo 45

4.2 Visão Geral da Arquitetura 47

4.2.2 Cloud Firestore como Banco de Dados 49

4.3 Diagrama de Caso de Uso 50

4.4 Descrição do Sistema Proposto 52

4.4.1 Caso de Uso “UC04 – Manter Árvore" 52

4.4.2 Caso de Uso “UC05 – Configuração das Validações dos Dados de Medição" 53

4.4.3 Caso de Uso “UC06 – Exportar Projeto” 54

4.5 Modelo de Domínio 56

4.6 Diagrama de Sequência 57
4.7 Diagrama de Sequência do Caso de Uso “UC04 - Cadastrar árvore” 57
4.7.1 Diagrama de Sequência do Caso de Uso “UC06 - Exportar projeto” 58
4.7.2 Cadastrar Usuário Com Email e Senha 60
4.7.3 Cadastrar Usuário Com o Google 61
4.7.4 Logar no Aplicativo 63
4.8 Requisitos mínimos para o aplicativo ForestInv **Erro! Indicador não definido.**
4.9 Funcionalidades futuras 64
4.10 Comparação do Aplicativo Desenvolvido Com os Existentes 64
5 RESULTADOS OBTIDOS 66
5.1 Telas do aplicativo 66
5.1.1 Tela de configuração de regras de consistência 67
5.1.2 Tela de cadastrar árvores. 68
5.1.3 Tela de fluxograma de estados da árvore 69
5.1.4 Tela com informações para cadastrar uma árvore. 70
5.2 Regras de Validação de Consistência 71
5.3 Teste de Usabilidade em Laboratório 76
5.3.1 Questionário aplicado aos testadores 76
6 CONCLUSÃO 81
APÊNDICE A – Questionário Sobre Inventário Florestal 89
APÊNDICE B – Caso de Uso 100
APÊNDICE C – Requisitos Não Funcionais 101
APÊNDICE D – Telas do aplicativo 103
ANEXO A – Estados Associados a Covas, Árvores e Fustes 123

1 INTRODUÇÃO

Uma floresta pode ser definida como uma área com uma alta densidade de árvores em um ou mais estágios sucessionais, com o propósito de produzir bens lenhosos diretos e indiretos (MMA, 2018).

Nas empresas ou áreas de conservação faz-se necessário um processo de gerenciamento em suas atividades para se conhecer seu potencial de produção, como também para fins de conservação. Por esta razão, atualmente o Inventário Florestal (IF), é amplamente utilizado, atividade cujo objetivo é a quantificação e qualificação florestal, focando na produção de madeira e /ou na conservação ambiental (Péllico Netto e Brena, 1997), utilizando-se para isso de técnicas estatísticas de amostragem (ISLAM et al., 2009).

Essa amostragem, por sua vez, trata-se de uma porção de uma dada população que é examinada, permitindo, a partir daí, que se façam inferências sobre a população em questão (SHIVER; BORDERS, 1996). Por meio dessa amostragem, é possível coletar dados, mantendo os princípios estatísticos ou pela aplicação de procedimentos de amostragem subjetiva, tais como métodos de sensoriamento remoto. Estes dados das árvores distribuídas pela rede de parcelas de um empreendimento florestal são do tipo quantitativos como DAP (diâmetro a 1,3 m do solo), volume, altura total, área basal, ou qualitativos – como os usados para a representação do estado das árvores (dominante, dominada, viva, morta, com falhas) ao longo das medições realizadas periodicamente, dentre outros (ISLAM et al., 2009).

A acurácia da medição dos dados de inventário florestal afeta a qualidade das decisões de gestão e os efeitos sobre os empreendimentos florestais, pois pode levar a tomadas de decisão erradas quanto a estratégias de manejo, e planejamentos incorretos (DUVEMO, 2009).

Entre os tipos de inventários mais comuns, estão o Inventário Pré-Corte, Inventário Florestal Convencional, Inventário Florestal Contínuo (IFC), Inventários para Planos de Manejo e Inventário de Sobrevivência. Estes, por sua vez, podem ser classificados

de forma genérica, quanto à forma de coleta de dados, abordagem da população no tempo e detalhamento (PÉLLICO NETTO, BRENA, 1997).

Dentre os tipos apresentados, cabe destacar o (IFC) que emprega parcelas permanentes e presta para estimar mudanças ocorridas tanto na produção, como em área florestal e entre outras características. Segundo Campos e Leite (2013), o IFC difere-se do inventário florestal convencional, pois usa parcelas temporárias e tem como principal objetivo estimar a produção na época de medição (mensuração da árvore, coleta de valores como DAP, altura, idade, entre outros).

Os dados do (IF) podem ser utilizados em modelos de crescimento e produção florestal, que são um conjunto de relações matemáticas e tabelas, utilizados para descrever quantitativamente os povoamentos florestais (LEITE, 1990).

Há diversas classificações para modelos de crescimento e produção: Modelos em Nível de Povoamento (MNP), Modelos de Distribuição Diamétrica (MDD) e Modelos de Árvores Individuais (MAI) (VANCLAY, 1994), esses são de grande importância nos estudos realizados em Ciências Florestais, pois permitem simular a dinâmica natural do povoamento, fornecendo resultados fundamentais para uma série de tarefas dentro da empresa florestal, como: o planejamento estratégico da empresa, o planejamento da colheita, a aferição de resultados econômicos, dentre outros (FRAGA FILHO, 2016).

Diferente dos modelos de produção que retratam apenas as condições vigentes da floresta, os modelos de crescimento e produção permitem também inferir sobre condições futuras, sendo um dos principais componentes de um sistema de modelagem de povoamentos florestais (CAMPOS; LEITE, 2013). Eles são constituídos por sistemas de equações, que por sua vez envolvem um grande número de funções, nas quais as variáveis dependem de uma função, em alguns casos referem-se às variáveis preditas em outra. Tal característica induz a erros no processo de modelagem em consequência da propagação de erros de uma função para outra (GERTNER, 1991).

Podem-se cometer erros nas medições de diâmetros e alturas das árvores devido a inexperiência do operador, na manipulação dos dados, defeitos no instrumento, e condições de observação (AUGUSTO et al., 2015), e segundo Fraga Filho (2016), podem ocorrer problemas de medição de uma ou mais árvores ou parcelas entre um inventário e outro, ou seja, na medição de uma mesma parcela ao longo do tempo. É possível que uma equipe com determinado nível de experiência técnica, por exemplo, altamente treinada realize uma medição n e na medição n+1 uma equipe inexperiente assuma o trabalho, ocorrendo inconsistências na sequência de covas medidas.

Dentre as possíveis causas dos erros, pode-se considerar aqueles em que a entrada manual de dados foi realizada ou adquirida a partir de fontes cuja confiabilidade não é totalmente garantida, como também pressão sofrida pela equipe para cumprimento de prazos, metas (BATINI; SCANNAPIECA, 2006). Esses erros levam à diminuição da qualidade dos dados obtidos, refletindo na falta de acurácia dos resultados dos modelos de crescimento e produção e, consequentemente, no planejamento.

Conhecer fontes de erro de um inventário florestal pode aumentar a confiabilidade, pela definição de estratégias para buscar eliminar problemas, tanto pela correção do procedimento falho (causa), quanto pela correção do resultado (efeito), ou pelo menos minimizar o efeito (AUGUSTO et al., 2015).

Portanto, na área florestal, a localização e correção de erros antes que os dados sejam utilizados, por exemplo nos modelos de crescimento ou de produção é fundamental. Segundo Fraga Filho (2016) operações de consistência em bases de dados tem como objetivo encontrar desvios e problemas com a qualidade dos dados, buscando minimizar a inclusão de erros no processo de modelagem de crescimento e produção. Para demonstrar a avaliação de características de qualidade de dados florestais, pode-se realizar operações de consistência a fim de explorar a base de dados em busca de inconformidades, para cada tipo de base seja ela de um IFC ou de modelos de crescimento (MNP, MAI, MDD) existem procedimentos específicos a serem realizados.

Dentre os procedimentos de consistência de dados, pode-se citar: avaliação da distribuição de frequência do estado de cada árvore ao longo do tempo; identificação de árvores com DAP e altura total com valor zero que não estejam mortas; identificação de árvores com DAPn+1 < DAPn; identificação da distribuição de árvores mortas ao longo de n medições.

Por isso, o uso desse tipo de método para verificar a qualidade dos dados, evita retrabalho, retorno ao campo para remedições, esforço amostral desnecessário, análises incorretas e erro no volume da floresta (APÊNDICE A).

Diante do exposto, erros durante a coleta podem acontecer e realizar operações de consistência de dados são importantes e somando-se a isso, observa-se que de forma majoritária, 81% (oitenta e um por cento) dos profissionais que responderam o questionário, deram classificação máxima sobre a importância da validação de consistência dos dados durante a coleta (APÊNDICE A).

Levando considerando a opinião destes profissionais e corroborando com a literatura, a detecção desses erros no momento da coleta dos dados em relação às coletas anteriores é crucial para buscar uma maior confiabilidade e qualidade dos dados para serem utilizados posteriormente, pois, é sabido que este tipo de atividade é geralmente custoso, além de demandar tempo e mão de obra para sua execução. E espera-se que tendo disponível um aplicativo para dispositivo móvel que, dentre outras funcionalidades, aplique métodos de consistência de dados no ato da coleta, seja possível mitigar problemas desta natureza.

2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e específicos deste trabalho.

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um aplicativo mobile para realizar Inventário Florestal Contínuo, que realize a validação de consistência dos dados castrados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos deste trabalho:

a) Permitir o registro de elementos dendrométricos e fitossanitários;

b) Possibilitar a validação dos dados no ato da coleta considerando as coordenadas geográficas;

c) Validar os dados ao longo do tempo para as mesmas parcelas, em diferentes medições.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DENDROMETRIA

A dendrometria é ramo das Ciências Florestais, que se faz necessário quando se precisa estimar ou determinar quantitativamente os recursos florestais. Portanto, dendrometria, é a medida da árvore, com a finalidade de predizer com precisão o volume, o incremento, a altura ou a produção de um determinado recurso florestal (ALEIXO DA SILVA; NETO, 1979).

3.2 INVENTÁRIO FLORESTAL

O Inventário Florestal, é uma técnica importante, para se ter um bom conhecimento do potencial dos recursos existentes em uma determinada área. Com base nele, pode ser tomada decisões precisas e seguras para melhor conservação e manejo destes recursos (SANQUETTA et al., 2009).

De acordo com HUSCH et al. (2003), os Inventários Florestais são procedimentos, meios para obter informações sobre quantidades e qualidades dos recursos florestais e de muitas características das áreas sobre as quais as árvores estão se desenvolvendo. Segundo Kangas et al. (2006), o objetivo do inventário florestal é medir e estimar as características florestais de uma área pré-definida. Para Veiga (1984), os objetivos de um inventário florestal podem variar. Eles serão definidos de acordo com o uso da área e os serviços ambientais.

Segundo MEUNIER et al., (2001), os inventários florestais podem fornecer dados necessários à: definição de diretrizes da política florestal nacional, regional, estadual ou local; organização da administração florestal pública e de empresas; preparação de planos de corte e de manejo; dimensionamento de indústrias florestais; avaliação de propriedades; investigações científicas de aspectos silviculturais e ecológicos; fiscalização da aplicação de normas e de recursos financiados; estudos de impactos ambientais; avaliação de recursos para subsidiar projetos de criação e manejo de unidades de conservação. Os inventários podem atender a interesses específicos de uma empresa florestal ou de uma instituição de pesquisa, visando uma determinada fazenda, uma parte de uma propriedade, ou um conjunto de propriedades.

Soares et al. (2006) afirma que um inventário florestal completo pode fornecer diversas informações entre elas:

a) Estimativa de área

b) Descrição da topografia

c) Mapeamento da propriedade

d) Descrição de acessos

e) Facilidade de transporte da madeira

f) Estimativa da quantidade e qualidade de diferentes recursos florestais

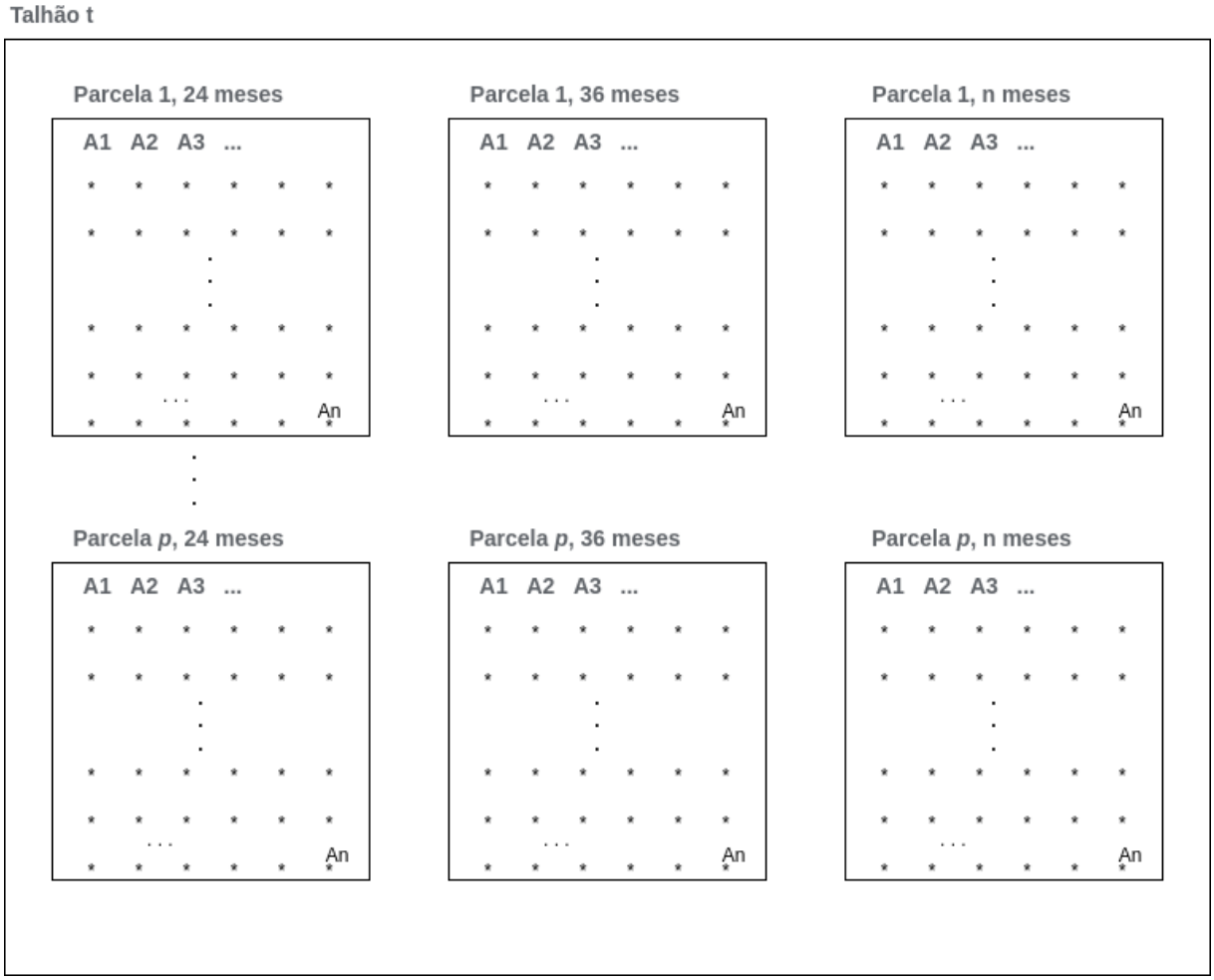
g) Estimativa de crescimento (se o inventário for realizado mais de uma vez)

3.3 INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO

Dentro os tipos de inventários florestais existentes, destaca-se o IFC. Existem algumas características que diferenciam o inventário florestal convencional do IFC, segundo Campos e Leite (2013) enquanto o inventário florestal quase sempre usa parcelas temporárias, o IFC opera com parcelas permanentes.

Conclui-se, portanto, que um inventário convencional tem como principal objetivo estimar a produção na época da medição (mensuração da árvore, coleta de valores como DAP que é o diâmetro da altura do peito, altura, idade, entre outros), enquanto um IFC se presta também para estimar mudanças ocorridas tanto na produção, como em área florestal, entre outras características. A Figura 1 apresenta a disposição de um talhão composto por parcelas, e estas por árvores.

Figura 1 Área de um talhão dividido em parcelas compostas por árvores em diferentes idades.



Fonte: adaptado de Souza (2016)

No Inventário Florestal a área de uma floresta é fracionada em n porções chamadas talhões. A Figura 1 mostra a composição de um talhão. Cada talhão é composto por parcelas, ou unidades amostrais. Cada parcela é composta por n árvores e estas, geralmente, apresentam idades próximas ou iguais. Vale destacar a importância da ordem em que se caminha pelas parcelas durante a medição das árvores, pois na próxima medição, essa ordem precisa ser respeitada, para garantir a coleta correta dos dados.

Com o uso do IFC, podem-se detectar causas de mudanças ocorridas, pois, todas as árvores de parcelas permanentes são remetidas periodicamente. Sendo assim é possível quantificar mortalidade, sinistros florestais, ingresso e corte.

3.4 TIPOS DE ORIGEM DE DADOS DE INVENTÁRIO FLORESTAL

Dados de inventários florestais podem ser de diversos tipos e origens, Islam et al. (2009) afirma que os mesmos podem ser coletados por meio de amostragem de campo, mantendo os princípios estatísticos ou pela aplicação de procedimentos de amostragem subjetiva. Métodos de sensoriamento remoto, tais como o escaneamento a laser deverão se tornar padrão em um futuro próximo.

Salienta-se que as variáveis que representam tais dados podem ser classificadas segundo dois aspectos: quanto à representação dos seus valores (tipo do dado) e quanto à natureza da informação (tipo da variável). Tipo de dado diz respeito à forma em que um dado é armazenado, e os tipos de variáveis indicam a natureza da informação, ou como ela deve ser interpretada (GOLDSCHMIDT; PASSOS, 2005). Variáveis podem ser classificadas em:

> “Nominais ou categóricas: utilizadas para nomear ou rotular elementos, podendo assumir valores pertencentes a um conjunto finito e pequeno de estados possíveis.
> Discretas: muito semelhantes às categóricas, mas os valores possíveis têm um ordenamento que possui algum significado.
> Contínuas: são variáveis quantitativas cujos valores possuem uma relação de ordem entre eles, e seu conjunto pode ser finito ou infinito”.

3.5 QUALIDADE DE DADOS

Na qualidade dos dados temos a definição de dois fatores relacionados: o quão bem ele atende às expectativas dos consumidores de dados (o quão bem ele é capaz de servir aos propósitos de sua utilização ou utilizações) e quão bem ele representa os objetos, eventos e conceitos que é criado para representar. A fim de medir se os dados atendem às expectativas ou está "apto para a utilização", expectativas e usos precisam ser definidos (SEBASTIAN-COLEMAN, 2013).

O *Data Quality Assessment Framework* (DQAF) destaca em um conjunto de características de dados associados cinco dimensões da qualidade dos dados: integridade, oportunidade, validade, consistência e integridade (MALAVERRI;

MEDEIROS, 2012; SEBASTIAN-COLEMAN, 2013). Sebastian-Coleman (2013) apresenta cada definição:

- *Completude*: implica em ter todas as partes necessárias ou adequadas dos dados. A primeira condição é a existência de completude, afinal devem existir dados para que a completude seja completa. Em muitas empresas, as expectativas sobre os dados podem não ser atendidas porque são baseadas no pressuposto de que certos dados já existem quando não existem, ou que os dados existem numa forma utilizável, mas isso não é a realidade. Um conjunto de dados é completo na medida em que ele contém variáveis (ou atributos) necessárias e um número suficiente de registros, e na medida em que são preenchidas de acordo com as expectativas dos consumidores de dados. Para um conjunto de dados para ser completo, pelo menos, três condições devem ser atendidas: o conjunto de dados deve ser definida de modo a incluir todos as variáveis desejados (*width*); o conjunto de dados deve conter a quantidade desejada de dados (*depth*); e as variáveis devem ser preenchidas até ao ponto desejado (*density*). Também pode ser entendido em relação ao processamento de dados, por exemplo, ter todos os dados necessários ou convenientes para iniciar o processamento e garantir que parte dos dados não foi retirado de um conjunto de dados quando ele é processado

- *Pontualidade*: tem sido definida como o grau em que os dados representam a realidade a partir do ponto desejado no tempo. No que diz respeito ao processamento, a pontualidade está associada com a disponibilidade de dados, o grau em que os clientes têm os dados necessários no momento certo.

- *Validade*: A validade é o grau em que os dados estão em conformidade com um conjunto de regras de negócio, às vezes expressa como um padrão ou representado dentro de um domínio de dados definido. Validade é diferenciada de precisão e exatidão. Precisão refere-se ao grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas. Exatidão se refere ao quão próximo um valor está do “valor real”. É quando a medida se aproxima da realidade, ou seja, a parte que é constante no erro.

- *Consistência:* A consistência é o grau em que os dados estão em conformidade com um conjunto equivalente de dados, normalmente um conjunto produzido sob condições semelhantes, ou um conjunto produzido pelo mesmo processo ao longo do tempo. Medidas de consistência podem ser definidas em conformidade com as regras de negócio (dependências que podem ser estabelecidas tecnicamente se a lógica pode ser claramente expressa), ou podem revelar padrões lógicos criados dentro dos dados que refletem as conexões entre as situações do mundo real que os dados representam.

- *Integridade*: Representa o grau em que os dados estão em conformidade com regras de relacionamento de dados (como definido pelo modelo de dados) que se destinam a assegurar a apresentação completa, consistente e válida de dados que representam os mesmos conceitos, normalmente considerando outras dimensões.

Para que seja capaz de representar a realidade das florestas plantadas, os dados de inventário florestal e aqueles necessários ao ajuste de modelos de crescimento de produção nos diferentes níveis devem dispor de tais características.

Hoje alguns problemas quanto a qualidade pode acontecer, onde destacam-se à pontualidade, completude e consistência, demonstrando o que pode acontecer com a falta desses requisitos.

Segundo SOUZA (2016), a pontualidade é uma característica fundamental uma vez que se espera que o dado esteja disponível quando seja necessário realizar um estudo de prognose para avaliação de disponibilidade de múltiplos produtos em uma idade futura. Caso ocorra a indisponibilidade, os clientes que demandam a informação podem ficar frustrados causando estresse no ambiente organizacional e até mesmo levando membros da equipe a criarem dados irreais, ou usar métodos não recomendados para sua geração.

A validade de dados deve ser considerada não apenas pontualmente em cada medição, mas de forma a manter a integridade entre medições ao longo do período de existência de uma parcela, e os indivíduos que a compõem. Sendo assim, do ponto

de vista da completude, para modelos de crescimento e produção, completo é o dado caracterizado por medidas repetidas do mesmo indivíduo.

Tanto a completude quanto a consistência devem ser avaliadas em cada medição e entre medições. A falta de informações sobre o DAP de uma ou mais árvores em algumas parcelas pode prejudicar o ajuste de um modelo que seria promissor para determinado propósito. Contudo, mesmo na presença do valor número do DAP é necessário avaliar, ou consistir em sua validade frente ao comportamento esperado para esta variável. Faz-se ainda necessária a consistência destas variáveis do ponto de vista longitudinal, ou seja, entre o conjunto de medições realizadas (FRAGA FILHO, 2016).

Por um erro cometido em diferentes medições, por exemplo, a inversão da ordem de entrada em uma parcela em diferentes períodos de inventário pode acarretar comportamento decrescente do valor de HT das mesmas covas ao longo do tempo. Portanto a ordem de visitação das árvores é fundamental para garantir a qualidade dos dados para ajuste de modelos de crescimento e produção.

3.6 IDENTIFICAÇÃO E CORREÇÃO DE ERROS

Localização e correção de erros é importante, uma vez que os dados possuem fontes passíveis de erros, dentre elas, temos a imputação manual de dados, aquisição de fontes onde não se pode garantir a confiabilidade total e sobre pressão, por exemplo, para cumprimento de prazos, metas e outros (BATINI; SCANNAPIECA, 2006). Cabe ressaltar que não é possível corrigir todos os erros, mesmo porque alguns deles não podem ser detectados, a ideia é detectá-los através de métodos de garantia de qualidade e informar o usuário sobre o mesmo, e a partir desse ponto buscar soluções.

Manter a distribuição de frequência conjunta de valores nos diferentes campos entre diferentes registros é o que se deseja quando a entrada de dados é necessária. Sendo assim, ao modificar o registro, por exemplo o valor de DAP, é importante observar se tal modificação pode alterar o comportamento das variáveis relacionadas a ele no registro e no conjunto representado por outros registros. Caso um DAP na idade inicial

seja modificado para um valor comum apenas em idades perto do corte, o comportamento global de árvores naquela idade pode ser modificado (SOUZA, 2016).

Uma vez que o erro foi detectado e diagnosticado, surge a questão: como corrigi-lo? As correções vão de correção manual, exibindo o erro para o usuário e solicitando para o mesmo efetuar a correção redigitando o dado, outro processo de correção seria a eliminação do dado, seja ele um registro ou uma parcela e por fim como última alternativa podemos aplicar o submodelo proposto por Pienaar e Shiver (1981) representado pela equação:

$$Y_2 = Y_1 \,.\, e^{\left(-\beta_0\left(l_2^{\beta_1} - l_1^{\beta_1}\right)\right)} + \varepsilon$$

Em que: Y_2 é o diâmetro (em cm) ou a altura total (m) em idade futura; Y_1 é o diâmetro (cm) ou altura (m) em idade atual; l_2 é a idade futura (meses); l_1 é a idade atual (meses), β_i são os coeficientes do modelo e ε é o erro aleatório. De acordo com Fraga Filho (2016) o submodelo apresentado é utilizado para estimar o crescimento em diâmetro (DAP) e altura (HT), tais medidas podem apresentar erros do tipo DAP2 < DAP1 (diâmetro na idade 2 menor que na idade 1), HT2 < HT1 (altura na idade 2 menor que altura na idade 1).

O submodelo que Pienaar e Shiver (1981) ajusta os dados através de estimativas. Em caso de dado faltante como exemplificado acima, remove-se a medição faltante e estima-se seu valor com os dados da parcela no qual ele pertence utilizando do modelo proposto, servindo assim como mais uma maneira de correção dos dados das bases.

3.7 PROCEDIMENTOS DE CONSISTÊNCIA

Segundo Fraga Filho (2016), a posteriori, ou seja, após a coleta, operações de consistência a fim de explorar a base de dados em busca de inconformidades têm como intuito minimizar a inclusão de erros no processo de modelagem de crescimento e produção, para cada tipo de base seja ela de um IFC ou de modelos de crescimento (MNP, MAI, MDD). Para essas operações de consistência existem procedimentos

específicos a serem realizados, de forma a demonstrar a avaliação de características de qualidade de dados florestais.

3.7.1 Procedimentos para Árvore Individual

Essa operação visa avaliar as características de qualidade de dados florestais, explorando a árvore individual, o nível mais elementar para efeitos de inventário florestal contínuo. Os estados dos fustes (partes da árvore, do solo aos primeiros, tronco) são representados por um indicador como segue (FRAGA FILHO 2016):

a) A – Dominada

b) B – Bifurcada

c) D – Dominante

d) F – Falha

e) I – Inclinada

f) M – Morta

g) N – Árvore Normal

h) Q - Quebrada

Baseando-se nos identificadores acima apresentados, Fraga Filho (2016) destaca os procedimentos de consistência:

Identificação de árvores com DAP e HT = 0 e estado diferente de M, F ou A.

Tabela 1 Exemplo de árvore com DAP e HT = 0 e estado diferente de M, F, A.

Linha	Estado	Parcela	HT	Ano	Idade	DAP
1	D	7	25.6	2001	78	12.6
2	N	8	0	2002	80	0
3	N	9	35,4	2003	62	12.1
4	D	10	12.5	2004	65	11,8

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

Na Tabela 1 pode-se observar na linha 2 que tanto a altura total (HT) e o diâmetro a altura do peito (DAP) possuem o valor igual a zero e estado diferente de morta, falha ou dominada.

Identificar árvores com DAP2 < DAP1 entre medições consecutivas i e i+1, sendo i o ano da medição;

Tabela 2 Exemplo de árvores com DAP2 < DAP1 entre medições consecutivas i e i+1, sendo i o ano da medição.

Linha	**Estado**	**Parcela**	**Ano 1**	**Ano 2**	**DAP 1**	**DAP 2**
1	D	7	2001	2002	12.5	10.8
2	N	8	2011	2012	23.9	25.5

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

A linha 1 da Tabela 2 exemplifica o método proposto, onde o DAP2 (10.8) é menor que o DAP1(12.5) em medições consecutivas 2001 e 2002.

Identificação do número de fustes mortos (estado = M) ao longo das medições.

Tabela 3 Exemplo do número de fustes mortos (estado = M).

Linha	Estado	Árvore	Medição1	Medição2	Medição7
1	M	7	13.8	0	25.1
2	M	8	15.9	18.8	23.9

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

Para a Tabela 3, percebe-se que o campo código todo o registro tem seu estado = M, ou seja, elas continuaram a ser medidas com estado igual a Morta.

Identificação de clones (material genético), parcelas com mais de um clone em diferentes anos (medições).

Tabela 4 Exemplo de número de clones em parcela

Linha	**Estado**	**Árvore**	**Medição1**	**Medição2**	**Medição7**
1	N	7	25.6	25,6	27,8
2	D	7	25.6	25.6	27.8
3	N	8	35,4	36.7	37.1
4	D	9	12.5	15.6	17.8

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

Nessa Tabela 4 percebe-se um exemplo de clone (árvores com números iguais) na linha 1 e 2, porém torna-se necessário avaliar uma vez que o estado do clone é diferente do estado original (N diferente de D).

Identificação do número de parcelas por clone.

Tabela 5 Exemplo de clone com parcela indefinida.

Linha	Estado	Árvore	Medição 1	Medição 2	Parcela
1	N	7	25.6	25,6	1
2	D	7	25.6	25.6	0
3	N	8	35,4	36.7	2
4	D	9	12.5	15.6	3

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

A última coluna da Tabela 5 apresenta a parcela respectiva do clone apresentado na segunda linha da coluna árvore, porém a parcela apresenta valor igual a 0 sendo que seu clone possui parcela igual a 1, torna-se necessário investigar o porquê desta ocorrência.

Identificação de parcelas sem espaçamento definido.

Tabela 6 Exemplo de parcela com espaçamento indefinido.

Linha	Estado	Árvore	Medição 1	Espaçamento	Parcela
1	N	7	25.6	3x3	1
2	D	8	22.6	0	2
3	N	9	35,4	5x5	3
4	D	10	12.5	3x3	4

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

Na Tabela 6 se observa a coluna espaçamento indicando o tamanho da parcela relativa, 3x3 significa a quantidade em metros da parcela, no caso 3 metros por 3 metros, uma parcela praticamente não existe sem esse dado, na linha 2 temos uma parcela que está sem espaçamento, portanto é um caso a ser analisado.

Identificação de parcelas com mais de um espaçamento em idades diferentes.

Tabela 7 Exemplo de parcela com espaçamento diferente.

Linha	Parcela	Árvore	Estado	Medição 1	Espaçamento	Ano
1	1	7	N	25.6	3x3	2001
2	2	8	D	22.6	0	2003
3	1	9	N	35,4	5x5	2005
4	4	10	D	12.5	3x3	2002

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

A Tabela 7 apresenta a parcela 1 com espaçamento de 3x3 em 2001 e em 2005 ela apresenta um espaçamento 5x5, tal discrepância não pode existir, portanto, mais um caso a ser avaliado.

Identificar medições que não atendam IDADE2 – IDADE1=1.

Tabela 8 Exemplo de medições que não atendam IDADE2 – IDADE1=1.

Linha	Estado	Medição	IDADE1(Mês)	IDADE2 (Mês)	DAP1	DAP2
1	N	1	36	48	12.3	13.3
2	D	2	24	36	25.3	26.5
3	N	3	12	36	10.8	13.6
4	D	4	12	24	13.5	14.6

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

A linha 3 da Tabela 8 exemplifica o método proposto, onde a idade 1 e a idade 2 apresentam uma diferença de 24 meses, ao invés de 12.

Identificar mudança irreal no estado da árvore entre medições consecutivas i e i+1, sendo i o ano da medição.

Tabela 9 Estado da árvore irreal, nas medições i e i + 1, onde i é o ano de medição.

Linha	Estado	Árvore	Ano 1	DAP 1
1	M	7	2001	0
2	N	8	2001	23.9
3	D	7	2002	12.5
4	N	8	2002	25.1

Fonte: adaptado de Fraga Filho (2016)

Nas linhas 1 e 3 da Tabela 9, observa-se que a árvore estava no estado morta (M) em 2001, porém na medição de 2002, seu estado alterou-se para dominante (D), logo essa medição se torna irreal e incorreta. Portanto, além das validações dendrométricas (DAP e altura), uma característica fitossanitária deve ser validada, neste caso o estado da árvore, pois dependendo do estado na medição anterior, o estado atual se torna impossível. No (ANEXO A), pode-se observar os possíveis estados que a árvore pode assumir, e estes serão utilizados como validação no momento da medição.

Nos modelos em nível de árvore individual os dados pareados são de cada árvore identificada na base de dados unicamente pareados em medição *i* e medição *i+1*. Salienta-se que é necessário que exista mais de uma medição para cada árvore, fato que deve ser consistido antes da definição dos dados pareados para o modelo de árvore individual.

Com esses procedimentos, espera-se que seja possível identificar inconformidades na base de dados quanto à qualidade dos presentes, e por meio disso tomar medidas para realizar a consistência dela.

3.7.2 Hipsômetros

Estes equipamentos são baseados em princípios trigonométricos, sendo em sua totalidade mais precisos que os geométricos. Deve-se considerar aclives e declives no momento da medição, desta forma torna-se necessário tomar duas leituras: uma da parte superior (h1) e outra da parte inferior (h2), sendo que a altura é obtida ao se somar ou subtrair essas leituras.

3.7.2.1 Hipsômetro Vertex IV

O Vertex IV (Figura 2) é um instrumento eletrônico para medições de pequenas distâncias, inclinações e alturas. Utiliza ultrassom para medição de distâncias, por isso possibilita leituras comprovadamente precisas mesmo com vegetação densa e em ambientes difíceis. (ELOFORTE, 2022)

Usando o transponder (receptor ultrassom) o Vertex é ideal para delimitação de parcelas circulares e junto com uma suta eletrônica formam o kit perfeito para efetuar um inventário florestal completo sem a necessidade de prancheta.

Figura 2 Hipsômetro Vertex IV

Fonte: Eloforte, 2022

3.7.2.2 Vertex Laser Geo

Este equipamento permite realizar medições (vertical ou horizontal) de longa distância com laser de alta precisão, possuindo sensores de inclinação e bússola para medições tridimensionais.

Além disso, possui ultrassom para ser usado em florestas fechadas, quando as condições no campo são difíceis e GPS para registrar as coordenadas junto com cada medida efetuada.

O Vertex Geo (Figura 3) trabalha com bluetooth, permitindo que os dados coletados possam ser transmitidos para celular ou outro equipamento qualquer. (ELOFORTE, 2022)

Figura 3 Vertex Laser Geo

Fonte: Eloforte, 2022

3.7.2.3 Software Coletores de Dados

São softwares que auxiliam na imputação de dados, ou seja, servem para que quando o operador em campo obtém as medições, usando algum hipsômetro por exemplo, ele armazene nos coletores esses dados.

3.7.2.3.1 Coletor de Dados Honeywell Intermec CN51

O coletor Intermec CN51 (Figura 4), utiliza o sistema operacional Windows, possuindo funções de coletor de dados, leitor de códigos de barras para produtos diversos, transmissão de dados e câmera utilizadas para processamentos de imagens usando as tecnologias Honeywell.

Figura 4 Coletor de Dados Honeywell Intermec CN51.

Fonte: Honeywell, 2022

3.7.2.3.2 Trimble Juno SB

O equipamento Trimble Juno (Figura 6) possui um software de mapeamento e monitorização de rendimento, trabalhando com qualquer GPS e possui um software para impressão de mapas. Sendo muito utilizado em campo pelo o seu georreferenciamento, possuindo uma precisão de 1 a 2 metros em tempo real.

Além disso, este equipamento vem com o sistema operacional Windows embarcado, bem como, aplicativos de escritório, câmera e funciona como celular.

Figura 5 - Coletor de Dados Trimble Juno.

Fonte: Embratop, 2022

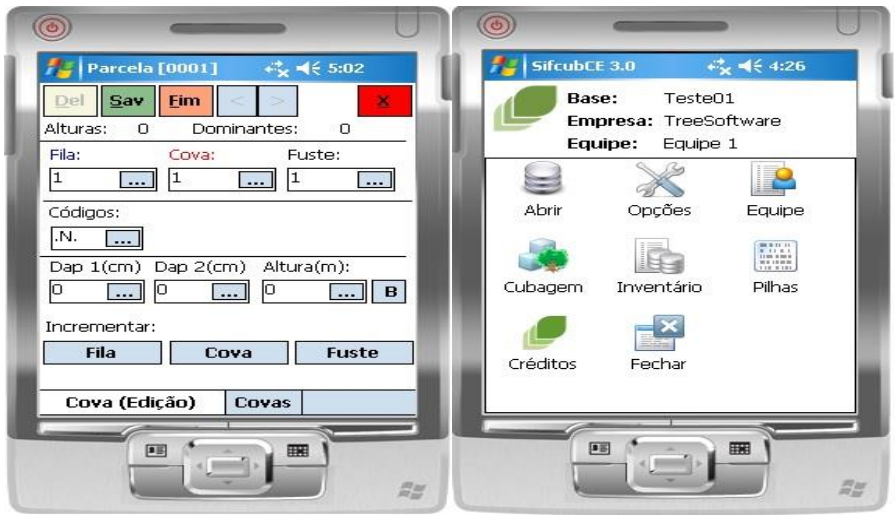
3.7.2.3.3 SifcubCE

O SifcubCE (Figura 6) é um software para coleta de dados de cubagem, inventário e pilhas de madeira. Funciona em coletores de dados equipados com Windows Mobile versão 5.0 ou superior, trabalhando em conjunto com o SifcubDesktop que gerencia a coleta de dados no desktop integrando as informações do cadastro florestal e os dados coletados.

Dentre as principais funcionalidades, podemos destacar: Flexibilidade na definição de padrões de medição e regras de consistência de dados; Leitura automática de coordenadas geográficas caso o equipamento possua o GPS integrado; Verificação de consistência de dados da medição atual com a medição anterior em caso de IFC; Gravação imediata dos dados evitando perdas de dados em caso de pane no

equipamento ou bateria e Gerenciamento de várias bases de dados no coletor possibilitando maior agilidade e organização na coleta de dados.

Figura 6 Coletor de Dados SifcubCE



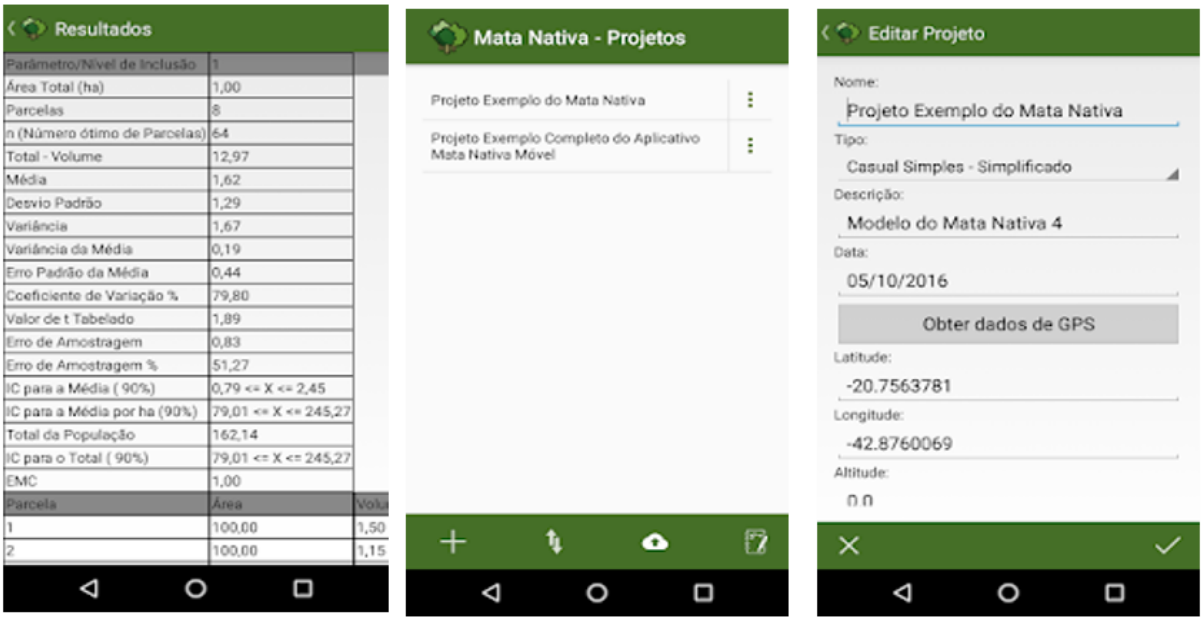
Fonte: TreeSoftware, 2018

3.7.2.4 Aplicativo Mata Nativa Móvel

Na Figura 7, é apresentado um aplicativo que foi desenvolvido pela Cientec para realização de coleta de dados para Inventário Florestal. Possui uma versão gratuita e uma versão paga que são disponibilizados. Porém para transferir os dados para um computador, é necessário efetuar a sincronização dos projetos com o software Mata Nativa 4 e estar registrado. (CIENTEC, 2022)

Dentre as principais funcionalidades, destacam-se: Criação de vários tipos de inventários; Cadastro de espécies e classificação; Cadastro de parcelas; Georreferenciamento; Cálculo de amostragem; Transferência via Bluetooth e Backup dos projetos.

Figura 7 Telas do aplicativo Mata Nativa Móvel



Fonte Mata Nativa, 2018

3.7.2.5 INFLOR Forest, Sistema em Dispositivos Móveis

Inflor Forest (Figura 9), é uma aplicação mobile para trabalhar com inventário florestal, a distribuição dele se dá por meio de licenciamento (por unidade operacional, número de *devices* ou número de hectares gerenciados), disponível para smartphones e tablets. Dentre as principais funcionalidades, destacam-se: Coleta de dados, Antecipação de erros de validação, Funcionamento sem a necessidade de conexão e Visualização de informações gerenciais e indicadores, para tomada de decisões.

Figura 8 INFLOR Forest.

Fonte: Inflor, 2018

3.8 TRABALHOS RELACIONADOS

3.8.1 Measurement errors in the use of smartphones as lowcost forestry hypsometers

O objetivo deste estudo foi fazer a comparação da precisão na mensuração da altura utilizando o acelerômetro 3D interno integrado presente nos smartphones de baixo custo (HTC Desire e Samsung Galaxy Note) com as ferramentas usadas em florestas, os hipsômetros (*Blume Leiss and Vertex*), das quais possuem um alto custo de aquisição. Para isso, o estudo usou dois aplicativos que usam o smartphone como hipsômetro, são eles: *Smart Measure* (Smarth Tools co. 2012), usando o modo altura e o *Measure Height* (Deskis OU 2012).

A metodologia seguida, consistiu na medição feita por medidores experientes que receberam várias sessões de treinamento anteriores com os *smartphones* até que pudessem repetir as medições obtidas. Além disso, em todas as medições com os hipsômetros, foram feitas sem auxílio do tripé. O experimento envolveu a realização de medições em um edifício marcado com alvos a 4 alturas, 6 m, 8 m, 10 me 12 m. Cada um foi medido a uma distância de 10 m, 15 m e 20 m (determinado previamente com uma fita métrica). Foi selecionado o prédio do Departamento de Engenharia Agroflorestal e onde foram feitas marcas até a altura máxima que poderia ser medida com segurança com uma fita métrica (12 metros).

Também foram feitas medições na base do alvo (para determinar a altura total) e no nível do olho do observador (para controlar o nivelamento). Para se ter medidas variadas, seis repetições foram feitas em dias diferentes, com diferentes ângulos de luz solar, nebulosidade, vento etc. As medidas de altura e distância foram feitas com uma fita métrica para verificar as leituras dos hipsômetros.

Para determinar se as medidas obtidas com os smartphones tinham erros admissíveis, foram seguidos os critérios utilizados no programa de Inventário e Análise Florestal (FIA). De acordo com o critério da FIA, o limite para a variável “altura” é estabelecido em um mínimo de 90% das medidas obtidas para árvores individuais com um erro menor que 10% (Pollard et al. 2006).

Podemos observar algumas limitações, que segundo Villasante A., Fernandez C. (2014), os smartphones não oferecem a possibilidade de calibração prévia para transformar corretamente os dados do acelerômetro em medidas de ângulo ou altura. Esse viés pode ser insignificante no uso normal de um smartphone (a tela gira, inclina-se durante o jogo), mas é inaceitável se precisarmos obter medições precisas de inclinação. É surpreendente que os fabricantes não tenham conseguido corrigir essa subestimação dos valores, o que é comum tanto para os smartphones analisados como para os dois eixos. Vertex é o único hipsômetro que não possui este erro sistemático. Com isso, foi preciso a utilização da ferramenta *Digital Angle Finder*, para encontrar os ângulos e assim, ser feita a calibração, obtendo resultados próximos às ferramentas florestais.

O estudo concluiu que os resultados obtidos pelos os *smartphones* não calibrados, obtiveram erros acima do recomendado pelo FIA, os tornando inúteis para utilização em inventários florestais. Porém, o mesmo estudo mostrou que ao calibrá-los por meio de uma linha de regressão linear entre ângulos reais, os *smartphones* obtiveram uma melhora significativa nos resultados, a análise estatística indica que com este procedimento de calibração as medições são significativamente equivalentes a (Desire) ou melhores que (Note) com o Blume Leiss. O Vertex obteve os melhores resultados e coincidem com os de Lukic et al. 2005.

3.8.2 Accuracy of smartphone applications in the field measurements of tree height

Como objetivo desse estudo em questão, ele analisa a precisão de duas aplicações de smartphones amplamente disponíveis de forma gratuita (*Smart Measure 2.3 and Measure Height*) durante as medições de campo da altura das árvores.

Os dados foram coletados em três áreas de pinheiro escocesas no centro da Polônia. De forma aleatória, foram medidas 30 árvores de um total de 90 indivíduos, o que foi suficiente para análises estatísticas adicionais. As árvores selecionadas estavam localizadas a pelo menos 30 m de distância uma da outra para evitar considerar espécimes dele biogrupo.

Para a realizar as medições das alturas das árvores, foi utilizado o hipsômetro florestal (Suunto PM-5/1520), bem como os dois aplicativos instalados em um smartphone Motorola XT1068, rondando sobre o Android KitKat 4.4.4. As medições com o smartphone foram feitas usando o acelerômetro 3D, que detecta mudanças na aceleração linear ao longo de três eixos e permite determinar a inclinação do terminal (Lee e Cho 2011; Villasante e Fernandez 2014).

Durante as medições, o smartphone se manteve a uma altura de 1,7 m acima do solo (altura dos olhos do observador), além disso, todas as medições foram feitas a uma distância de (15 ou 20 m) feita pela mesma pessoa, sendo essa bem qualificada para tarefa.

O estudo tomou como verdadeira as medidas do hipsômetro Suunto, mesmo ele apresentando estimativas tendenciosas da altura real da árvore. Mas de acordo com a experiência da equipe, este viés está em um nível aceitável. Além disso, ele é o hipsômetro mais utilizado na silvicultura polaca, por isso, decidiu-se comparar os resultados dos smartphones com os valores derivados da Suunto.

O processo de medição realizado nas próprias aplicações investigadas baseia-se na inclinação do smartphone e os cálculos utilizam o método da tangente da determinação da altura da árvore. Mesmo pequenos desvios da vertical podem

resultar em um erro significativo. Isso é consistente com os achados de Larsen et al. 1987, que relataram aumento no erro com o aumento da altura das árvores para o método da tangente.

Os estudos sobre a precisão das medidas de altura de árvores usando um smartphone como um hipsômetro florestal foram muito limitados até o momento. Itoh et al. (2010) relataram a raiz quadrada do erro-médio (RMSE) de 0,7 m para medidas de iPhone de 10 m de altura a uma distância de 20 m. Villasante e Fernandez (2014) obtiveram para o mesmo parâmetro RMSE igual a 0,63 e 0,86 m para os smartphones HTC Desire e Samsung Galaxy, respectivamente. No estudo deste artigo, o RMSE variou de 1,01 a 2,46 m dependendo da aplicação utilizada. Villasante e Fernandez (2014) realizaram medições para pontos de altura pré-definida (6 a 12 m, o que é muito inferior às árvores analisadas neste estudo), eliminando assim o problema de identificação e localização no topo das árvores. Analisamos árvores muito mais altas (12-29 m) e as observações foram realizadas na floresta, onde é mais difícil localizar o topo da árvore com precisão. Essa pode ser a razão para erros absolutos significativos obtidos especialmente para árvores altas (por exemplo, -7,5 m para a árvore alta de 29 m).

Para diminuir o erro, Villasante e Fernandez (2014) descobriram que uma calibração prévia do smartphone é necessária para transformar os dados do acelerômetro em medições de altura corretamente. No entanto, eles relatam que o método de calibração incluído nas aplicações testadas por eles foi insuficiente. Neste artigo foi possível confirmar esses achados.

O artigo concluiu que o avanço rápido das tecnologias móveis causará uma introdução mais ampla de smartphones e suas aplicações na prática florestal. Mas até o momento, os estudos indicam que os resultados da utilização desse hardware e software causam erros significativos. É necessário mais esforço no projeto do software (por exemplo, calibração mais fácil e eficaz e autocorreção de tais rotinas) para sua aplicação plena e satisfatória na silvicultura. Tanto os smartphones quanto os aplicativos precisam de melhorias substanciais

3.8.3 Aplicativos Relacionados

Nos artigos citados são utilizados os mesmos aplicativos para as comparações com hipsômetros, variando apenas o smartphone no qual estavam instalados. Esses aplicativos são: o Smart Measure (Smart Tools co. 2012) no modo altura e o Measure Height (Deskis OU 2012).

3.8.3.1 Smart Measure

Smart Measure (Figura 9), é um pacote de funcionalidades da coleção do *Smart Tools*, destacam-se: distância, altura, largura e área.

Figura 9 Interface do aplicativo "Smart Measure".

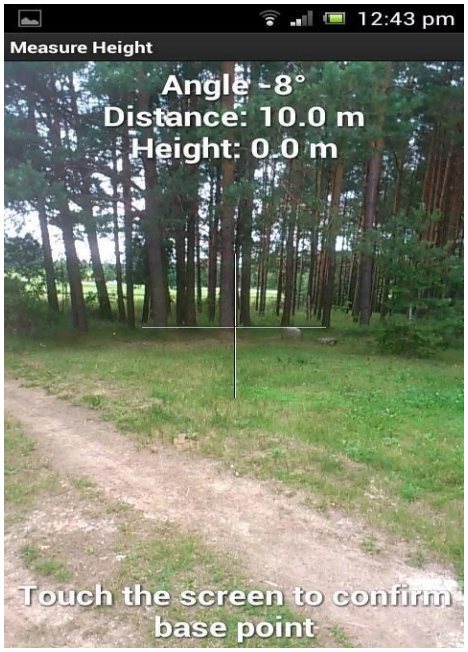
Fonte: Android boy's Lab (2015)

Para a realização das medições o aplicativo baseia seus cálculos utilizando trigonometria, além disso, para tornar as medições mais precisas o aplicativo dispõe de uma calibração, que pode ser automática ou manual, dependendo da preferência do usuário.

3.8.3.2 Measure Height

Este aplicativo (Figura 10), utiliza o acelerômetro e equações trigonométricas para estimar a distância entre uma árvore e a altura das árvores. Para tomar as medidas é preciso escolher se você sabe a distância até a árvore ou se a distância precisa ser medida pelo aplicativo. Para uma precisão maior na medição da altura, informar a distância é recomendável. Além disso, ele conta uma cruz na tela, que ajuda a medir da base até a ponta da árvore.

Figura 10 Interface do aplicativo "Measure height".



Fonte: Aptoide

3.9 ARQUITETURA LIMPA

Segundo Grand View Research (2022), com a crescente demanda para criação de aplicativos *mobile*, existe uma necessidade em se fazer a implementação de boas arquiteturas de software, para que menos esforço e tempo sejam necessários a longo prazo (Robert C. Martin, 2012).

Proposto por Robert C. Martin em seu livro Arquitetura Limpa: O guia do artesão para estrutura e design de software, em meados de 2012, este modelo de arquitetura visa ser usado no design de codificação a fim de facilitar a manutenção, testes e evolução de software através de um sistema de camadas e baixo grau de dependência.

Esta arquitetura foi derivada de outras arquiteturas já existentes, como a Arquitetura em Cebola (Jeffrey Palermo, 2008) e a Arquitetura Hexagonal (Alistair Cockburn, 2005). Embora todas essas arquiteturas variem um pouco em seus detalhes, elas são muito semelhantes.

A seguir algumas das vantagens destacadas por Robert C. Martin ao usar uma arquitetura em camadas:

- I**ndependente de Frameworks:** Os frameworks devem ser vistos como ferramentas e sua arquitetura não pode se basear em um específico e se limitar à suas especificidades, fazendo assim com que seja simples uma troca de framework caso seja necessário;

- **Testabilidade:** A lógica de negócio pode ser testada sem a interface de usuário, banco de dados, servidor web, ou qualquer outro elemento externo;

- **Independente de interface de usuário:** A interface de usuário pode ser mudada facilmente sem precisar mudar o resto do sistema. Uma 19 interface web, por exemplo, poderia ser substituída por uma interface de linha de comando sem mudar as regras de negócio;

- **Independente do Banco de Dados:** O banco de dados pode ser trocado facilmente por qualquer outro banco de dados. As regras de negócios não estão acopladas ao banco de dados;

- **Independente de qualquer agente externo:** A lógica de negócio não deve ter conhecimento nenhum de qualquer agente externo.

Portanto, visando a criação de um sistema com partes bem definidas e com fácil manutenibilidade, criação de teste e modificação de tecnologias, a Arquitetura Limpa será empregada para o desenvolvimento do aplicativo.

4 METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a metodologia utilizada durante a metodologia do aplicativo ForestInv.

4.1 IMPLEMENTAÇÃO DO APLICATIVO

Para a implementação do aplicativo, foi utilizado no front-end o *framework Flutter* juntamente com linguagem de programação *dart.* Para autenticação e armazenamento de dados foi necessário fazer a integração com o *Firebase,* que funciona como um backend as a service e possui essas funcionalidades.

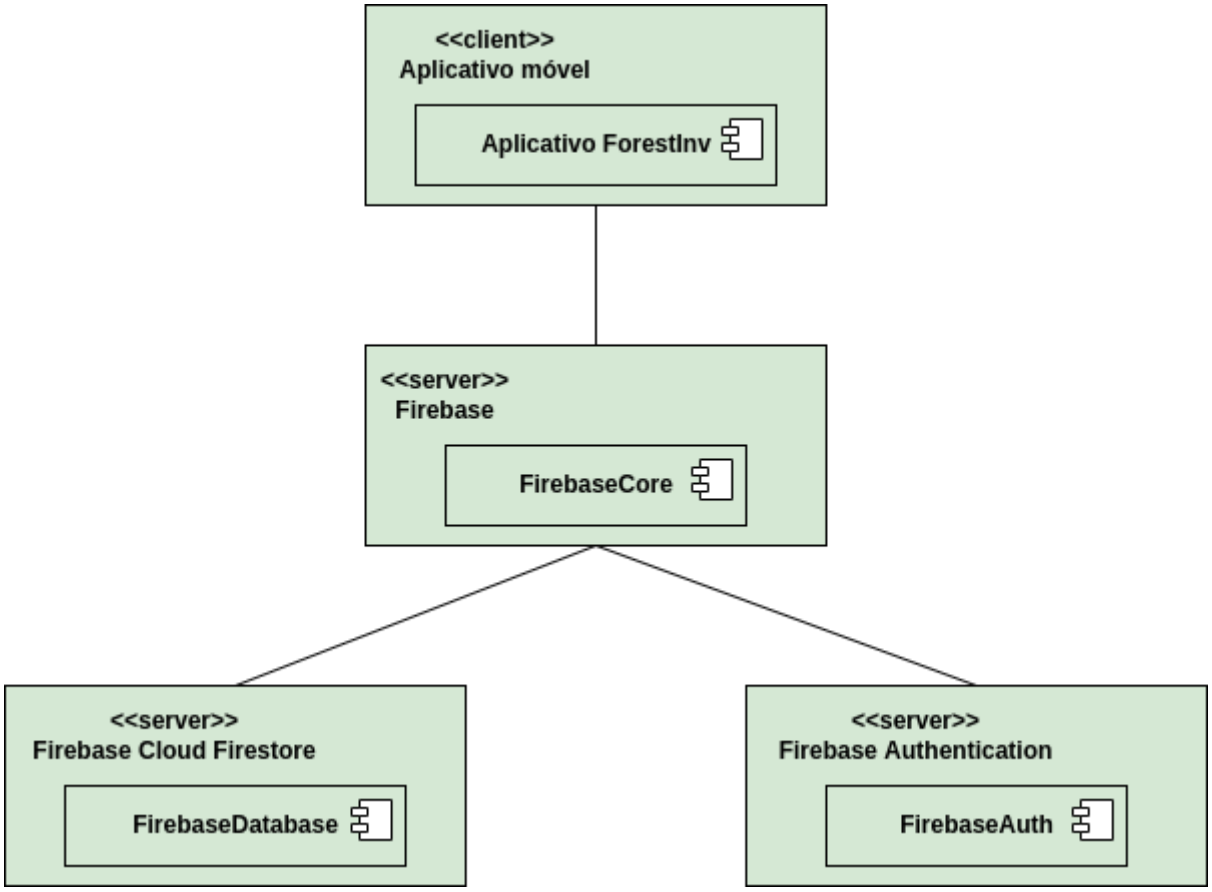
O objetivo desse aplicativo é garantir a consistência de dados ao inseri-los no aplicativo durante o preenchimento no campo de um inventário florestal. Para que essa consistência seja garantida, algumas regras já mencionadas no texto, são validadas antes de armazenar qualquer dado no banco de dados. Além disso, o aplicativo conta com um funcionamento *off-line*, com isso, não há restrição em campo quanto a utilização e após estabelecida a conexão com a internet, o aplicativo sincroniza os dados na nuvem do Firebase automaticamente.

4.1.1 Arquitetura de comunicação com o Firebase

Nessa seção será apresentado o diagrama de comunicação do aplicativo, mostrando a comunicação entre o aplicativo e o Firebase.

Na Figura 11 é mostrada como funciona a comunicação entre o aplicativo ForestInv e o Firebase. Independente da funcionalidade chamada: Firebase Authentication ou Firebase Cloud Firestore, o aplicativo móvel sempre vai chamar o Firebase Core, que em seguida delega a responsabilidade para os outros módulos.

Figura 11 Diagrama de comunicação do aplicativo.

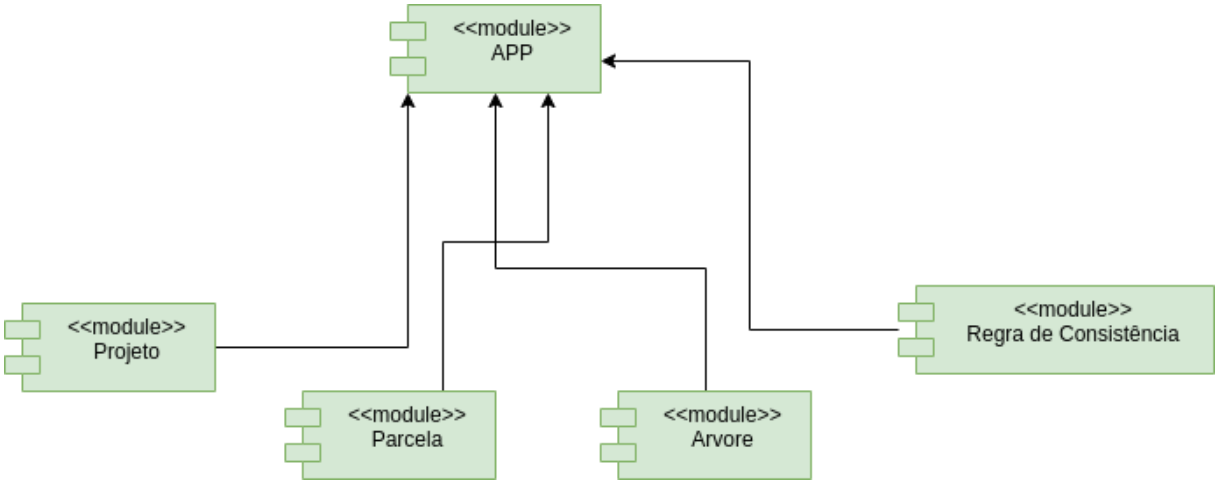


Fonte: o autor

4.1.2 Arquitetura modular do aplicativo

Durante o desenvolvimento do aplicativo, foi implementada uma estrutura utilizando o Modular, um *package* que auxilia na separação de responsabilidades em módulos, como mostra a Figura 12 a seguir.

Figura 12 Diagrama de módulos do aplicativo



Fonte: o autor

Na Figura 12 são apresentados módulos principais do aplicativo. O objetivo desses módulos é buscar a separação de responsabilidades dos componentes para que cada módulo possa evoluir de forma independente.

O módulo App é responsável por iniciar o aplicativo e todas os demais módulos, além disso, nele é possível declarar objetos que serão usados durante toda a utilização do aplicativo.

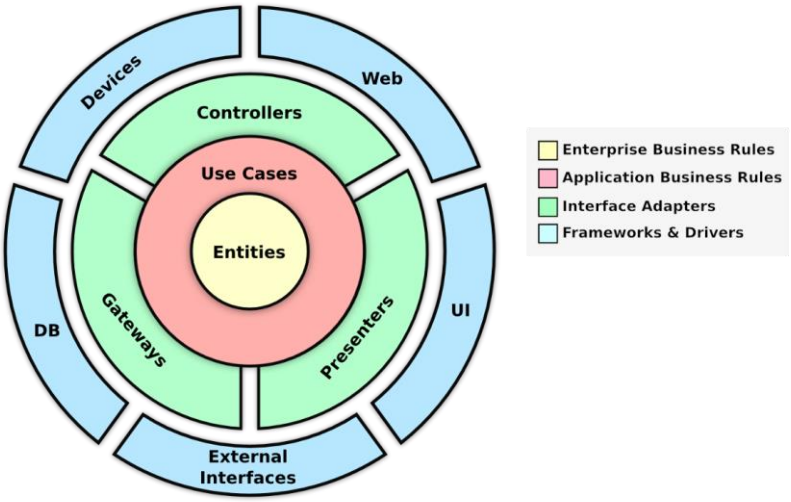
Os demais módulos são responsáveis por conter suas respectivas regras de negócios, implementações e interfaces de usuário.

4.1.3 Arquitetura Limpa nos Módulos do Aplicativo

Segundo Robert C. Martin (2012), para uma arquitetura ser considerada “limpa”, ela precisa ter pelo menos 4 camadas principais e independentes, são elas:

- Regras de Negócio Corporativas
- Regras de Negócio da Aplicação
- Adaptadores de Interface
- Frameworks & Drivers (Externos)

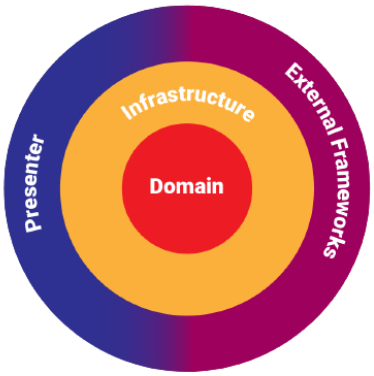
Figura 13 Arquitetura Limpa



Fonte: adaptado de Martin, 2012

Observando a figura 13, temos um modelo genérico que abrange muitos aspectos em uma arquitetura de software, com isso, é importante identificar o que faz sentido para o desenvolvimento do aplicativo. Diante disso, seguindo um modelo proposto pela comunidade do Flutter no Brasil (FLUTTERANDO, 2002), temos na Figura 14 um modelo de arquitetura mais enxuto e que se adequa a complexidade atual do aplicativo, além de permitir sua expansão caso seja necessário.

Figura 14 Clean Dart", Arquitetura Limpa proposta pela comunidade do Flutter no Brasil



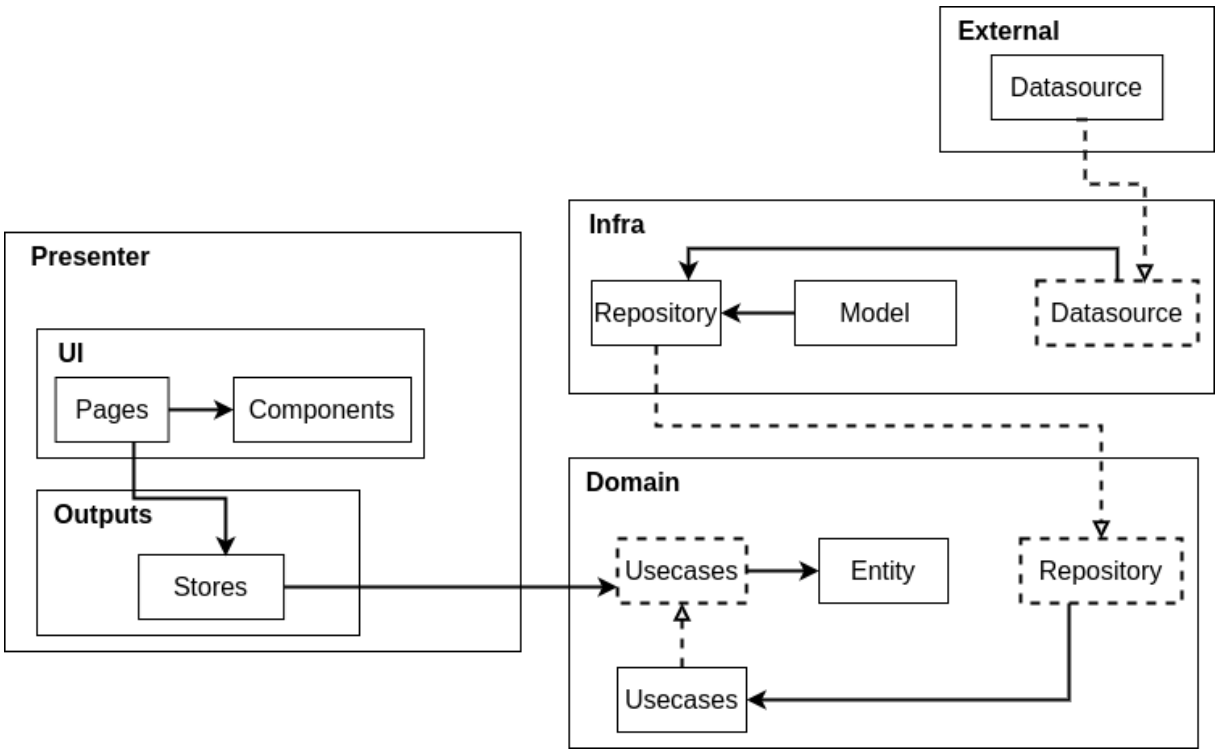
Fonte: FLUTTERANDO, 2022

Na Figura 14 é apresentada uma proposta de arquitetura que visa desacoplar as camadas mais externas e preservar a Regra de Negócio. A partir dessa simplificação, se pode obter a arquitetura geral da aplicação.

4.2 VISÃO GERAL DA ARQUITETURA

A aplicação consistirá em 4 camadas principais, sendo elas: *Domain*, *Infra*, *External* e *Presenter*. A Figura 15 ilustra a arquitetura geral da aplicação.

Figura 15 Visão geral da arquitetura



Fonte: o autor

4.2.1.1 Presenter

A Camada *Presenter* fica responsável por declarar as entradas, saídas e interações da aplicação.

Pegando como exemplo o *Flutter*, hospedaremos os *Widgets*, *Pages* e também alguma gerência de estado, já no backend como exemplo, seria nesta camada onde colocaríamos os *Handlers* ou Commands da nossa API.

4.2.1.2 Domain

Dentro do desenvolvimento de software, temos o que chamamos de "coração" do software que são as Regras de Negócio Corporativa (Entity) e da Aplicação (Use Case). Elas ficam na camada de *Domain* e não devem ter dependência com nenhuma das outras camadas.

Os Casos de Uso devem executar a lógica necessária para resolver o problema. Se o Caso de Uso precisar de algum acesso externo então esse acesso deve ser feito por meio de contratos de interface que serão implementados em uma camada de mais baixo nível.

Pegando como exemplo um *Repository*, teremos que ter apenas o contrato de interfaces (Abstrações) e a responsabilidade de implementação desse objeto deverá ser repassado a outra camada mais baixa.

4.2.1.3 *Infrastructure* (Infra)

Esta camada dá suporte a camada Domain implementando suas interfaces. Para isso, adapta os dados externos para que possa cumprir os contratos do domínio.

Muito provavelmente nessa camada iremos implementar alguma interface de um *Repository* ou Services que pode ou não depender de dados externos como uma API ou acesso a algum *Hardware* como por exemplo *Bluetooth*.

Para que o *Repository* possa processar e adaptar os dados externos devemos criar contratos para esses serviços visando passar a responsabilidade de implementação para a camada mais baixa da nossa arquitetura.

Como sugestão, iremos criar objetos de DataSource quando quisermos acessar um dado externo, uma BaaS como *Firebase* ou um Cache Local usando SQLite por exemplo. Outra sugestão seria criar objetos denominados *Drivers* para interfacear a comunicação com algum Hardware do dispositivo.

Os acessos externos como *Datasources* e *Drivers* devem ser implementados por outra camada, ficando apenas os Contratos de Interface nesta camada de infra.

4.2.1.4 External

Aqui começaremos a implementar os acessos externos e que dependem de um hardware, package ou acesso muito específico.

Basicamente a camada *External* deve conter tudo aquilo que terá grandes chances de ser alterado sem que o programador possa intervir diretamente no projeto.

No *Flutter* por exemplo, para cache local usamos o *SharedPreferences*, mas talvez em algum estágio do projeto a implementação do *SharedPreferences* não seja mais suficiente para a aplicação e deve ser substituída por outro *package* como Hive, nesse ponto a única coisa que precisamos fazer é criar uma nova classe, implementando o Contrato esperado pela camada mais alta (que seria a Infra) e implementarmos a lógica usando o *Hive*.

Um outro exemplo prático seria pensar em um login com Firebase Auth, porém outro produto deseja utilizar um outro *provider* de autenticação. Bastaria apenas implementar um *datasource* baseado no outro *provider* e “Inverter a Dependência” substituindo a implementação do Firebase pela nova quando for necessário.

Os *Datasources* devem se preocupar apenas em “descobrir” os dados externos e enviar para a camada de Infra para serem tratados.

Da mesma forma, os objetos *Drivers* devem apenas retornar as informações solicitadas sobre o Hardware do *Device* e não devem fazer tratamento fora ao que lhe foi solicitado no contrato.

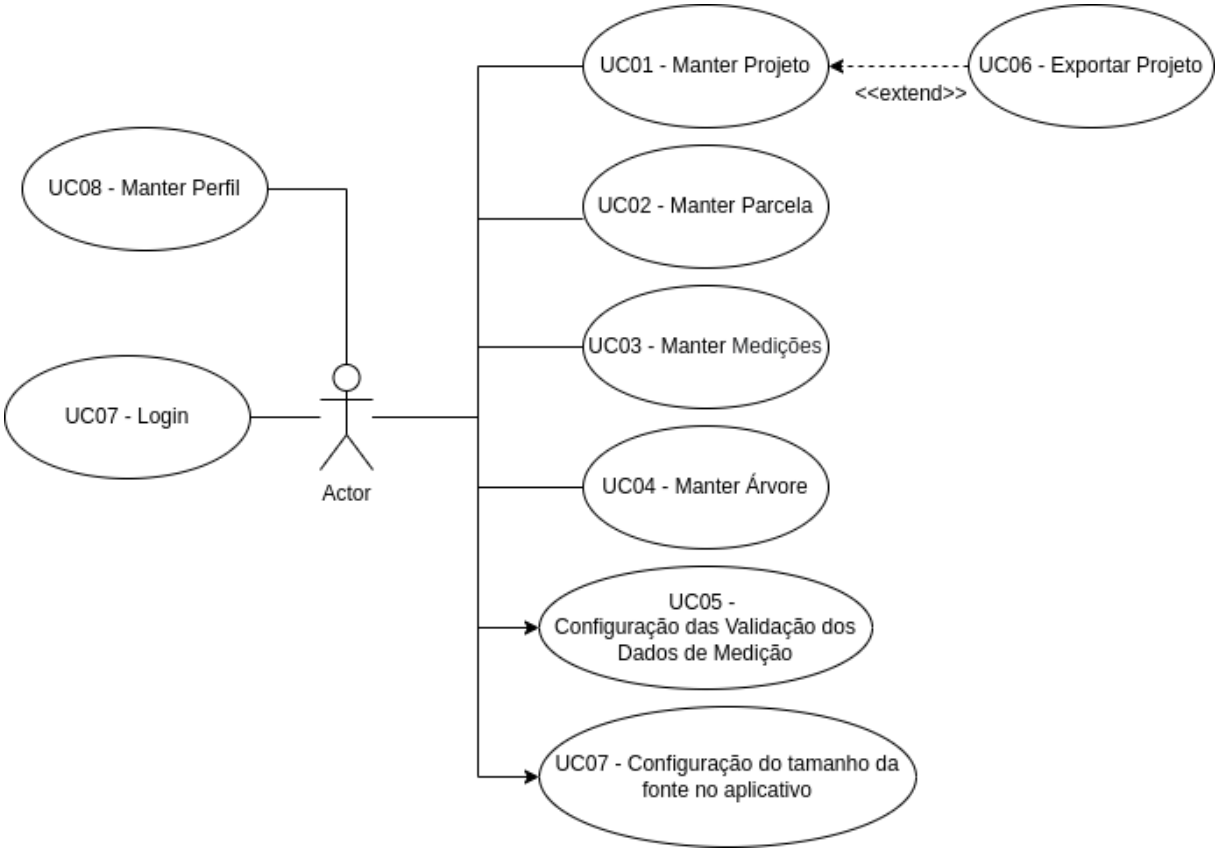
4.2.2 Cloud Firestore como Banco de Dados

Como banco de dados, foi escolhido o tipo NoSQL, pela flexibilidade em poder adicionar e remover os dados necessários utilizando o Firebase Cloud Firestore.

4.3 DIAGRAMA DE CASO DE USO

O diagrama apresentado a seguir (Figura 17) mostra as funcionalidades mais relevantes do sistema. A relevância de uma funcionalidade é determinada a partir de sua criticidade para a realização dos objetivos principais do aplicativo. No referencial teórico, fora discutida a importância de se fazer a validação dos dados para e dos métodos necessários para ser mantida a consistência dos dados. Portanto, com base na relevância e nos objetivos, pode-se obter o seguinte diagrama de caso de uso (Figura 16). O diagrama de caso de uso que detalha todas as funcionalidades do software é apresentado no (APÊNDICE B).

Figura 16 Diagrama de caso de uso do aplicativo ForestInv.



Fonte: o autor.

Antes de descrever a função de cada caso de uso, é preciso compreender a relação mostrada. Segundo Roberto Alff (2018), a relação *extend* (estende) representa um vínculo opcional entre as entidades. Por exemplo, no caso de uso “UC01 – Manter Projeto” e o “UC06 – Exportar Projeto”, quando o usuário possui um projeto ele pode ou não executar o outro caso de uso.

As funcionalidades apresentadas na Figura 16 podem ser descritas como segue:

- UC01 – Manter Projeto: Tem por objetivo guardar os projetos criados, compartilhados ou importados pelo usuário.

- UC02 – Manter Parcela: Permite registrar áreas divididas dentro dos talhões, assim chamadas, parcelas.

- UC03 – Manter Medições: Permite manter medições feitas em determinado ano e o responsável por executar.

- UC04 – Manter Árvore: Registrar as árvores plantadas em uma determinada parcela, sendo esta a menor área dividida dentro de um projeto.

- UC05 – Configuração das Validação dos Dados de Medição: Permite ativar ou desativar as validações que poderão ser feitas em cada dado (variável) coletada da árvore no momento da sua inserção no aplicativo.

- UC06 – Exportar Projeto: Permite exportar os dados do projeto que possuem árvores em um arquivo com extensão (CSV).

- UC07 – Configuração do Tamanho da Fonte no Aplicativo: Permite o usuário alterar a o tamanho da fonte de exibição dos dados e das telas de cadastro.

4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

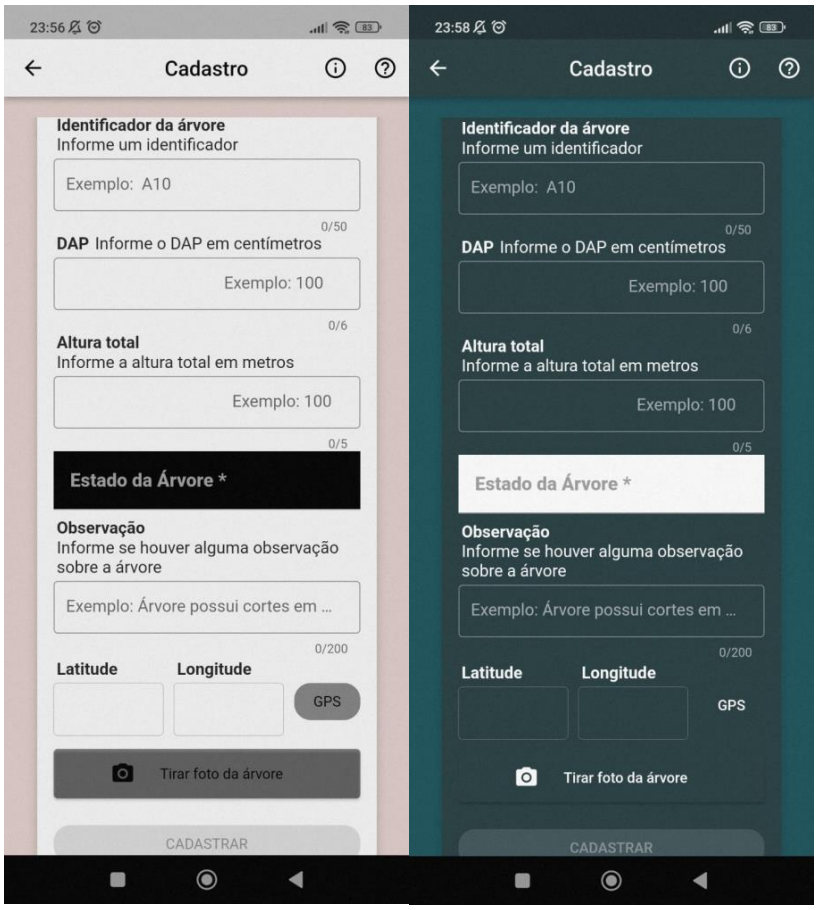
A seguir são apresentados os casos de uso e protótipos relacionados, com a maior relevância de acordo com o que foi discutido até o momento.

4.4.1 Caso de Uso “UC04 – Manter Árvore"

O aplicativo disponibiliza uma interface para cadastrar, editar e remover uma árvore. O cadastro de árvores permite que o usuário tenha a possibilidade de inserir os dados dendométricos como DAP e altura, além de outros como podemos ver na Figura 17.

O cadastro de árvores é parte mais importante do projeto, uma vez que nela contém os dados mais importantes e, portanto, onde se concentra o maior número de regras de consistência.

Figura 17 Protótipo da tela cadastrar árvore do aplicativo ForestInv



Fonte: o autor

O cadastro de árvores é o caso de uso que contém as regras de consistência do projeto e a maior parte das regras de consistência.

4.4.2 Caso de Uso “UC05 – Configuração das Validações dos Dados de Medição"

Este caso de uso permite que o usuário configure quais validação de consistência deseja ativar ou desativar no aplicativo durante o cadastro.

Figura 18 19 Tela de configuração das validações de consistência.

Fonte: o autor

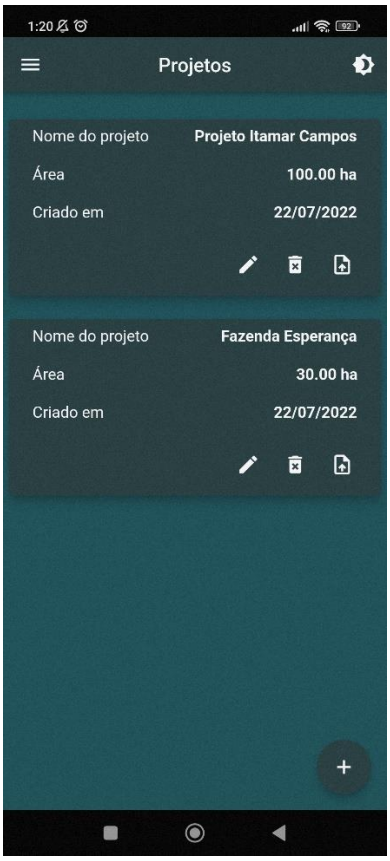
Como podemos observar na Figura 18, o usuário tem autonomia para decidir quais regras deseja ter ativa durante a utilização do aplicativo.

Podemos observar, que nessa tela não contém todas as regras descritas no trabalho até aqui, isso acontece porque algumas regras como: a) não preencher o campo; b) informar caracteres incorretos ou negativos em caso de números. Essas foram aplicadas no formulário ao cadastrar ou editar um dado, com isso, já garantimos uma validação de consistência básica.

4.4.3 Caso de Uso “UC06 – Exportar Projeto”

O aplicativo disponibiliza uma funcionalidade (Figura 20) para que o usuário possa exportar todos os dados de um projeto, desde que o mesmo possua árvores cadastradas.

Figura 19 Funcionalidade de exportar projeto.



Fonte: o autor

Um ponto a se destacar durante a exportação, é a restrição quanto a ter árvores cadastradas. Isso se deve ao fato de que não faz sentido para o usuário exportar um projeto onde as informações do inventário, que são os dados registrados das árvores, não existam.

O arquivo exportado é do tipo separado por ponto e vírgula (com extensão .CSV) e o nome do arquivo segue o padrão: projeto<nome do projeto>-data da exportação. Além disso, contém as informações que podemos observar na Tabela 10.

A exportação é o que permite o usuário poder utilizar esses dados em outros sistemas, apenas fazendo a importação dos dados. De nada adiantaria apenas registar e não conseguir ter acesso aos dados. Além disso, se várias pessoas estiverem trabalhando no projeto, os arquivos podem ser exportados individualmente e posteriormente poderão em algum software de planilha, unificá-los em um só arquivo.

Quadro 1 - Dados contidos no arquivo ao exportar um projeto

CABEÇALHO DO ARQUIVO	DESCRITIVO DE CADA CAMPO DO ARQUIVO
projetoId	Identificador no banco do projeto
nome	Nome atribuído ao projeto
visibilidade	Define se o projeto será público ou privado
area	Área total do projeto
dataCriacao	Data da criação do registro no banco
ultimaAtualizacao	Data da última edição do projeto
parcelaId	Identificador no banco da parcela
projetoId	Identificador no banco do projeto
numero	Número que identifica a parcela
numTalhao	Número do talhão ao qual a parcela pertence
area	Área total da parcela
espacamento	Espaçamento definido entre as árvores
latitude	Coordenada geográfica
longitude	Coordenada geográfica
dataPlantio	Data do plantio das árvores
dataCriacao	Data da criação do registro no banco
ultimaAtualizacao	Data da última edição da parcela
medicaoId	Identificador no banco da medição
parcelaId	Identificador no banco da parcela
identificador	Identificador atribuído pelo usuário
descricao	Descreve o que é aquela medição
dataMedicao	Data na qual foi feita a medição

ultimaAtualizacao	Data da última edição da medição
arvoreId	Identificador no banco da árvore
projetoId	Identificador no banco do projeto
parcelaId	Identificador no banco da parcela
medicaoId	Identificador no banco da medição
identificador	Identificador atribuído pelo usuário
dap	Medição do diâmetro da árvore
altura	Medição da altura total da árvore
estado	Estado fitossanitário da árvore
latitude	Coordenada geográfica
longitude	Coordenada geográfica
observacao	Algum detalhe importante sobre a árvore
dataCriacao	Data da criação do registro no banco
ultimaAtualizacao	Data da última edição da árvore

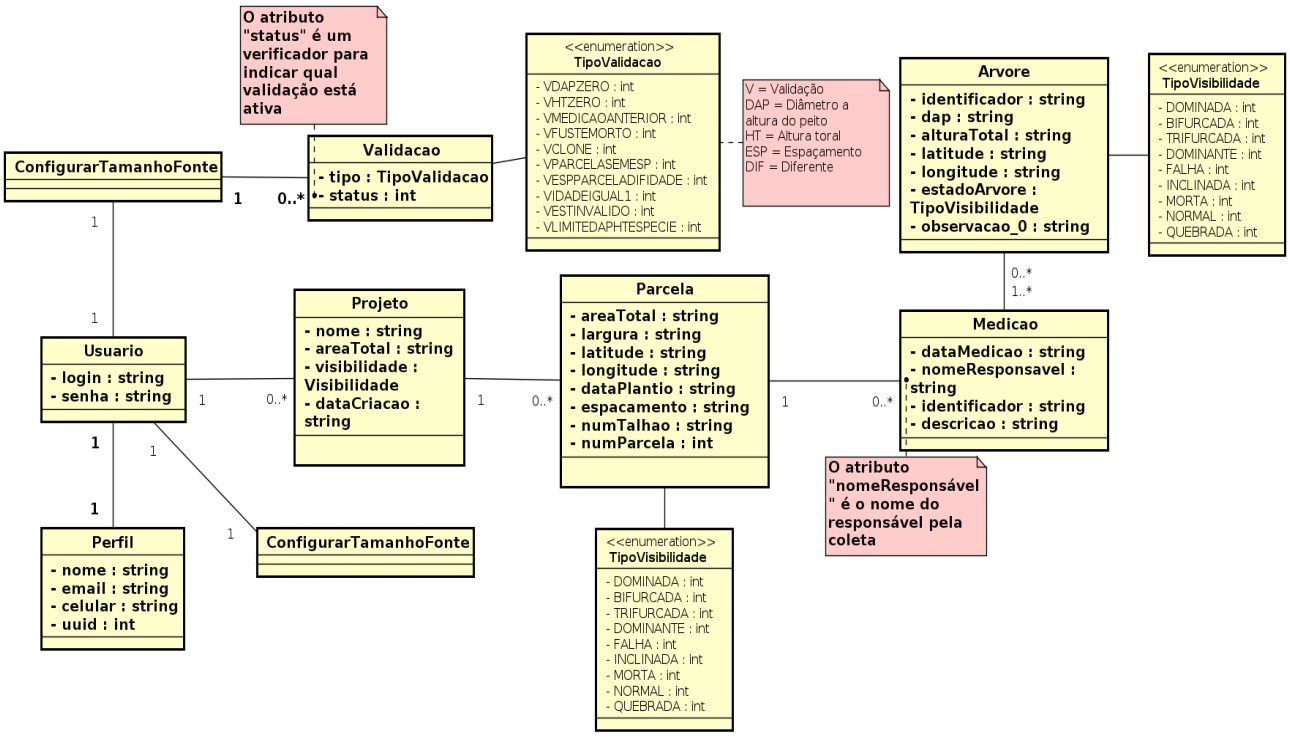
Fonte: o autor.

No Quadro 1 podemos observar o cabeçalho que será exportado. Para cada árvore dentro de um projeto, será criada uma linha no arquivo seguindo essa ordem da figura.

4.5 MODELO DE DOMÍNIO

A Figura 20 representa o modelo de domínio da aplicação e tem por objetivo demonstrar, de forma conceitual, uma visualização dos objetos reais em um domínio. Tão importante quanto a arquitetura do aplicativo, pois permite conhecer como serão relacionados os dados que identifica os conceitos relacionados a requisitos do aplicativo na perspectiva conceitual.

Figura 20 Modelo de domínio do aplicativo ForestInv



Fonte: o autor

4.6 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA

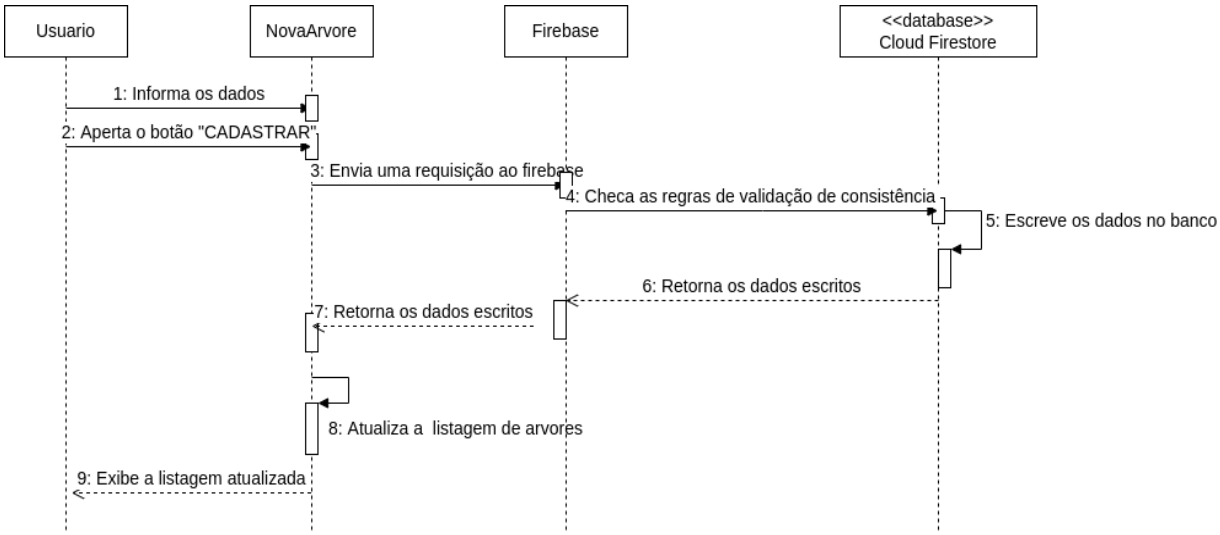
Concentra-se no intercâmbio de mensagens entre uma série de linhas de vida. Os aspectos mais visíveis de uma interação são as mensagens entre linhas de vida. A sequência das mensagens é considerada importante para o entendimento da situação. Os dados que as mensagens transmitem e as linhas de vida armazenam também podem ser muito importantes. (GUEDES, 2006)

Os diagramas de sequência a seguir foram feitos com base nos dois principais casos de uso, UC04 - Cadastrar árvore e UC06 - Exportar projeto, respectivamente.

4.7 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DO CASO DE USO “UC04 - CADASTRAR ÁRVORE”

O diagrama de sequência para o caso de uso UC04 - Cadastrar árvore apresenta as interações entre o ator, o aplicativo e o Firebase.

Figura 21 Diagrama de sequência do caso de uso “UC04 - Cadastrar árvore"



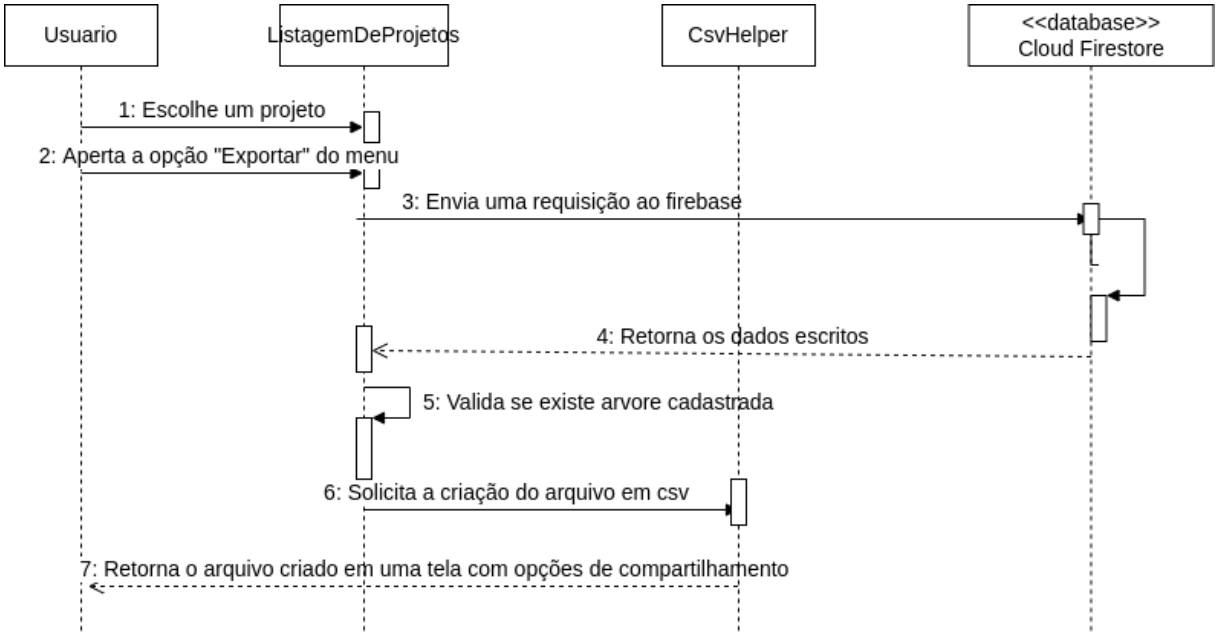
Fonte: o autor

Após o usuário informar os dados e clicar no botão, o aplicativo requisita uma gravação dos dados no banco de dados do Firestore, porém antes é feita uma checagem das regras de validação de consistência habilitadas pelo usuário. Após a validação e ser gravado os dados no banco de dados, o *Firestore* retorna os dados salvos e faz atualização da listagem de árvores no aplicativo.

4.7.1 Diagrama de Sequência do Caso de Uso “UC06 - Exportar projeto”

O diagrama de sequência (Figura 20) para o caso de uso UC06 - Exportar projeto apresenta as interações entre o Usuário do aplicativo, a aplicação, a classe utilitária *CsvHelper* e o *Cloud Firestore*.

Figura 22 Diagrama de sequência do caso de uso “UC06 - Exportar projeto"



Fonte: o autor

Após o usuário escolher um projeto e apertar a opção “Exportar” do menu com três pontinhos do card. Uma requisição é feita no Firestore buscando por todas as árvores cadastrar naquele projeto, retornando os dados e logo em seguida é chamada a classe utilitária *CsvHelper*, que faz a criação do arquivo. Após a criação do arquivo, uma tela é exibida para o usuário com as opções disponíveis para ele pode compartilhar, podendo ser por e-mail, Bluetooth e outros aplicativos, como o WhatsApp. Como podemos observar na Figura 23.

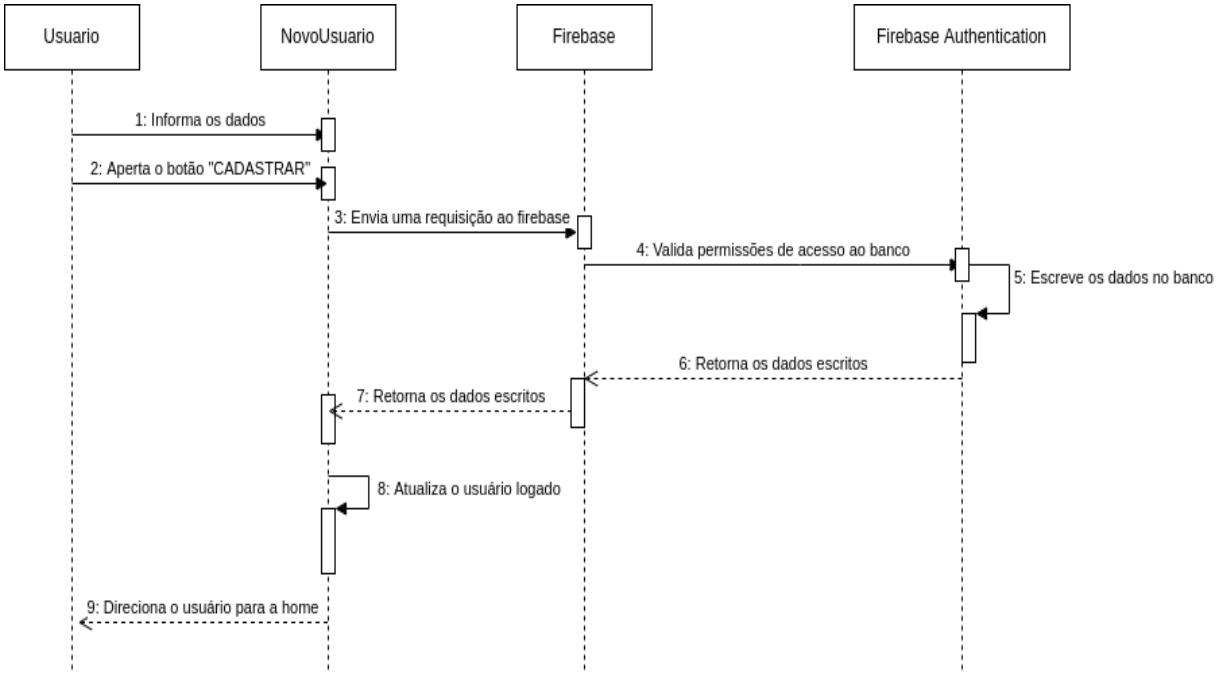
Figura 23 Tela de compartilhamento exibida para o usuário ao exportar um projeto

Fonte: o autor

4.7.2 Cadastrar Usuário Com E-mail e Senha

O diagrama da Figura 24 a seguir mostra a interação entre o Usuário (ator) não cadastrado no aplicativo, o cadastro de um NovoUsuario e *Firebase Authentication*.

Figura 24 Diagrama de sequência do caso de uso “cadastrar usuário" com email e senha



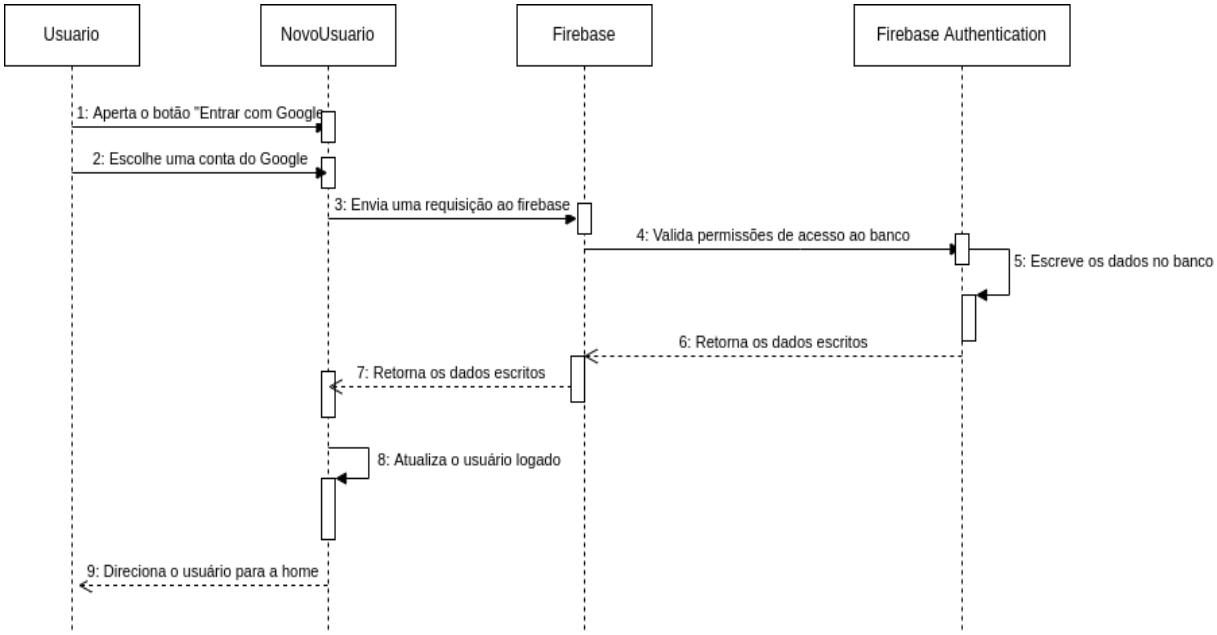
Fonte: o autor

Após informar os dados do usuário e clicar em cadastrar, o aplicativo requisita o *Firebase* o acesso ao banco de dados, que por sua vez confere o acesso ao banco de dados, caso seja aceito, escreve os dados no banco de dados e retorna para a aplicação, que armazena em memória o esse usuário e o redireciona para a tela de home do aplicativo.

4.7.3 Cadastrar Usuário Com o Google

O diagrama a seguir (Figura 25) mostra a interação entre o Usuário (ator) não cadastrado no aplicativo, cadastro de um NovoUsuario e Firebase Authentication.

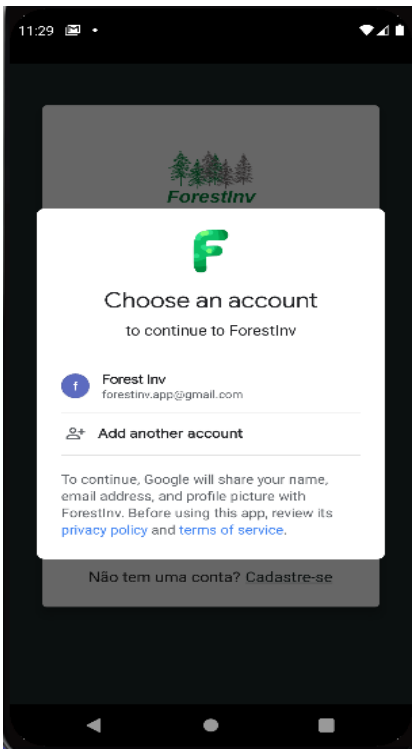
Figura 25 Diagrama de sequência do caso de uso "cadastrar usuário" com google



Fonte: o autor

Após o usuário clicar no botão, será mostrada uma tela onde poderá escolher com qual conta deseja se cadastrar, como mostra a Figura 26. Em seguida, é feita uma chamada para o Firebase, onde verifica a permissão e cria um usuário. Obtendo sucesso na criação o usuário é redirecionado para tela home do aplicativo.

Figura 26 Tela de cadastro de usuário usando o google



Fonte: o autor

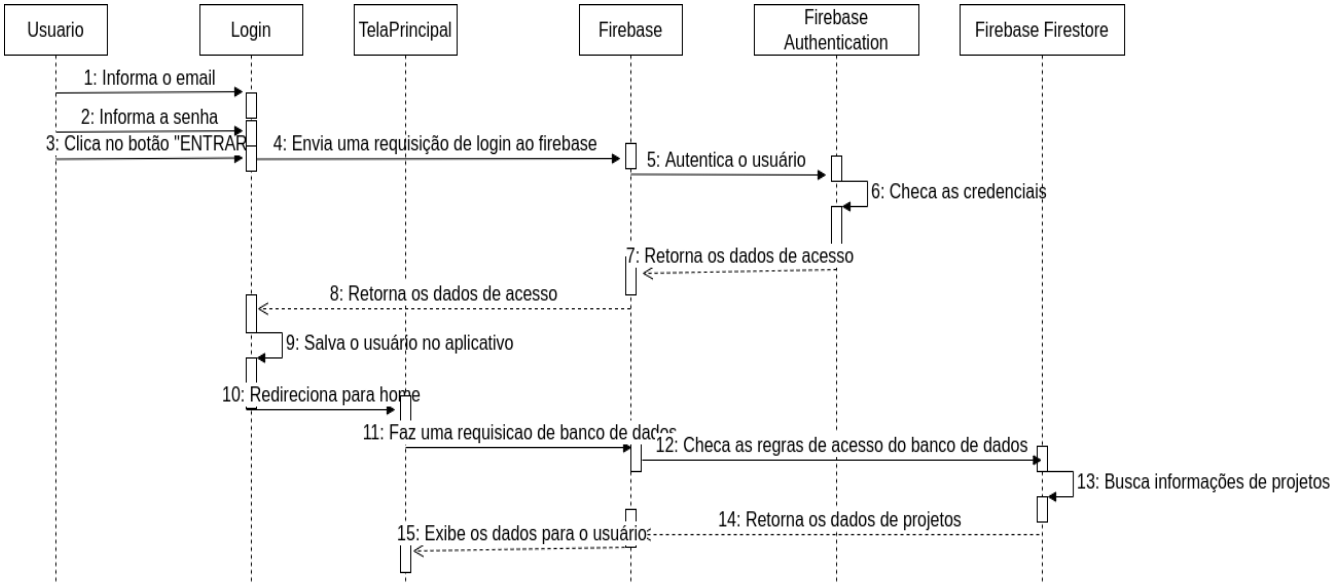
Na Figura 26 podemos observar a lista de contas de e-mail adicionadas ao dispositivo do usuário, permitindo o cadastro no aplicativo usando o Google.

4.7.4 Logar no Aplicativo

O diagrama a seguir mostra as interações entre Usuário, Login, Firebase,

Firebase Authentication, Cloud Firestore, TelaPrincipal.

Figura 28: Diagrama de sequência de login no aplicativo



Fonte: o autor

Após informar o email e senha, o usuário clica no botão "Entrar", que requisita uma autenticação ao firebase, que autentica o usuário e faz a checagem das credenciais no Firebase Authentication, depois retorna os dados de acesso a aplicação e salva os dados do usuário no aplicativo. Após isso, ele é redirecionado para a tela principal e sem seguida, a aplicação faz uma requisição para buscar informações no banco de dados que checa as regras de acesso antes, e caso seja aceito, busca as informações dos projetos cadastrados, se houver, e as retorna para a aplicação listadas na tela principal.

4.8 FUNCIONALIDADES FUTURAS

No (APÊNDICE A), são apresentadas um conjunto de sugestões que funcionalidades que não foram desenvolvidas neste trabalho, mas podem ser adicionadas em versões futuras do aplicativo, dentre elas podemos destacar:

a) Bases de mapas leves e rotas de acesso;

b) Integração *Bluetooth*;

c) Integração com Sistema para Gestão Florestal;

d) Medição de altura e Dap com visão computacional;

e) Integração com ArcGis e QGis;

f) Glossário com características de espécies, imagens de comparação.

4.9 COMPARAÇÃO DO APLICATIVO DESENVOLVIDO COM OS EXISTENTES

A comparação do aplicativo proposto ForestInv com os demais *softwares*, foi por meio de funcionalidade, ou seja, comparando-se as funcionalidades propostas no APÊNDICE B com as funcionalidades descritas pelos desenvolvedores dos respectivos *softwares*. A Tabela 10 tem-se (P), que representa a presença da característica avaliada.

Tabela 10 Comparação entre o software desenvolvido ForestInv com softwares conhecidos

Software/ Características	**ForestInv**	**Mata Nativa**	**SifcubCE**	**Inflor Florest**	**Honeywell Intermec CN51**
Coleta de dados	P	P	P	P	P
GPS	P	P	P	P	P
Validação de medição anterior	P	-	-	-	-
Validação de estado da árvore	P	-	-	-	-
Validação de espaçamento em parcela	P	-	-	-	-
Validação de Dap e altura = 0	P	-	-	-	-

Validação de coordenadas	P	-	-	-	-
Validação de Idade2 – Idade1 = 1	P	-	-	-	-
Validação do limite de Dap e altura por espécie e idade	P	-	-	-	-
Permitir desativar validações	P	-	-	-	-
Exportar projeto em formato csv	P	-	-	P	-
Interface "amigável"	P	-	-	P	-
Portabilidade na plataforma Android	P	P	-	P	-
Gratuidade total	P	-	-	-	-

Fonte: o autor

De acordo com a Tabela 10, observa-se que o aplicativo proposto neste trabalho, o ForestInv, se diferencia dos demais aplicativos, principalmente, nas validações de consistência e exportação dos dados.

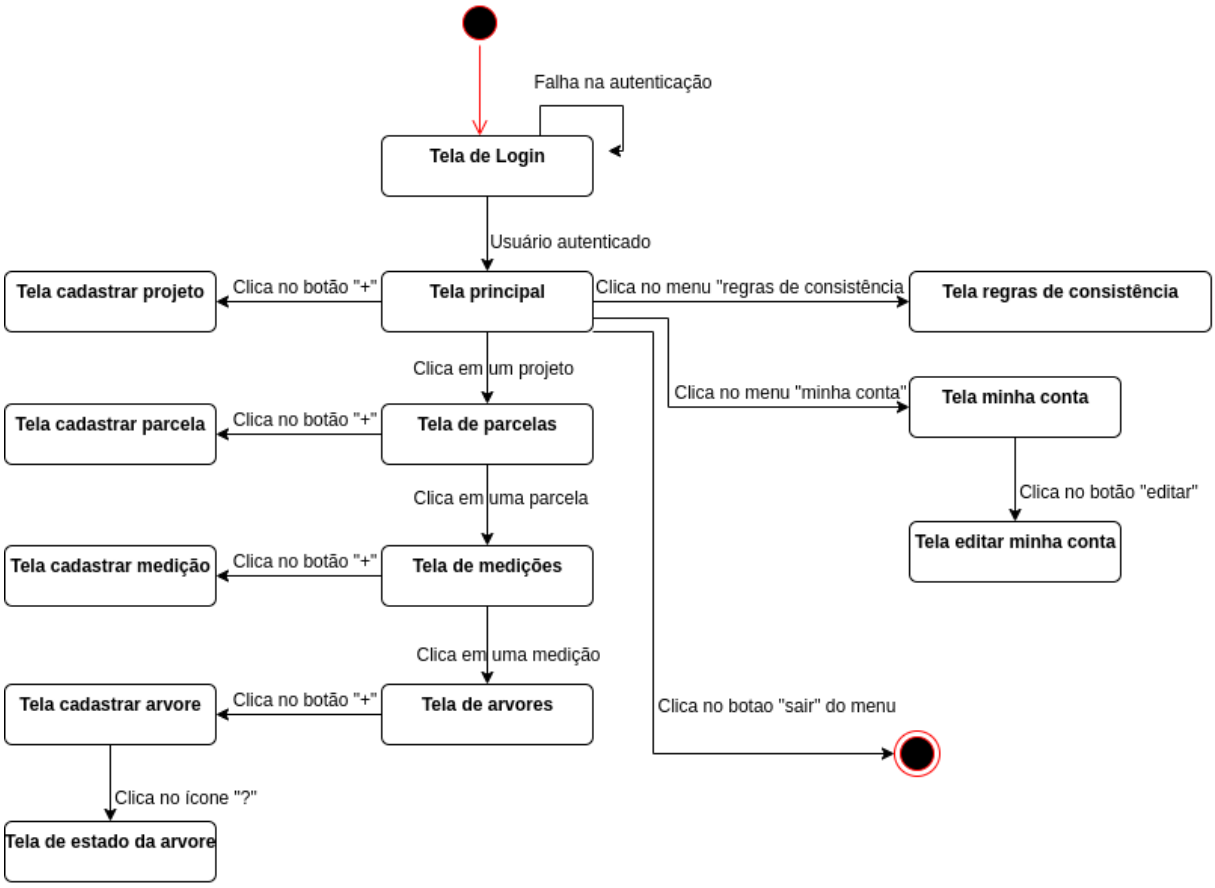
5 RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com a metodologia apresentada foi feito o desenvolvimento do aplicativo ForestInv. Como resultado, tem-se um aplicativo funcional com regras de consistência de validação que são aplicadas durante a imputação dos dados no aplicativo. Para elucidar esses resultados, pode-se observar os tópicos a seguir.

5.1 TELAS DO APLICATIVO

A Figura 29 apresenta o fluxo das telas do ForestInv. Nesta seção, serão apresentadas as telas críticas para o funcionamento do sistema. No APÊNDICE B estão relacionadas todas as telas do aplicativo.

Figura 27 Diagrama de estados do aplicativo

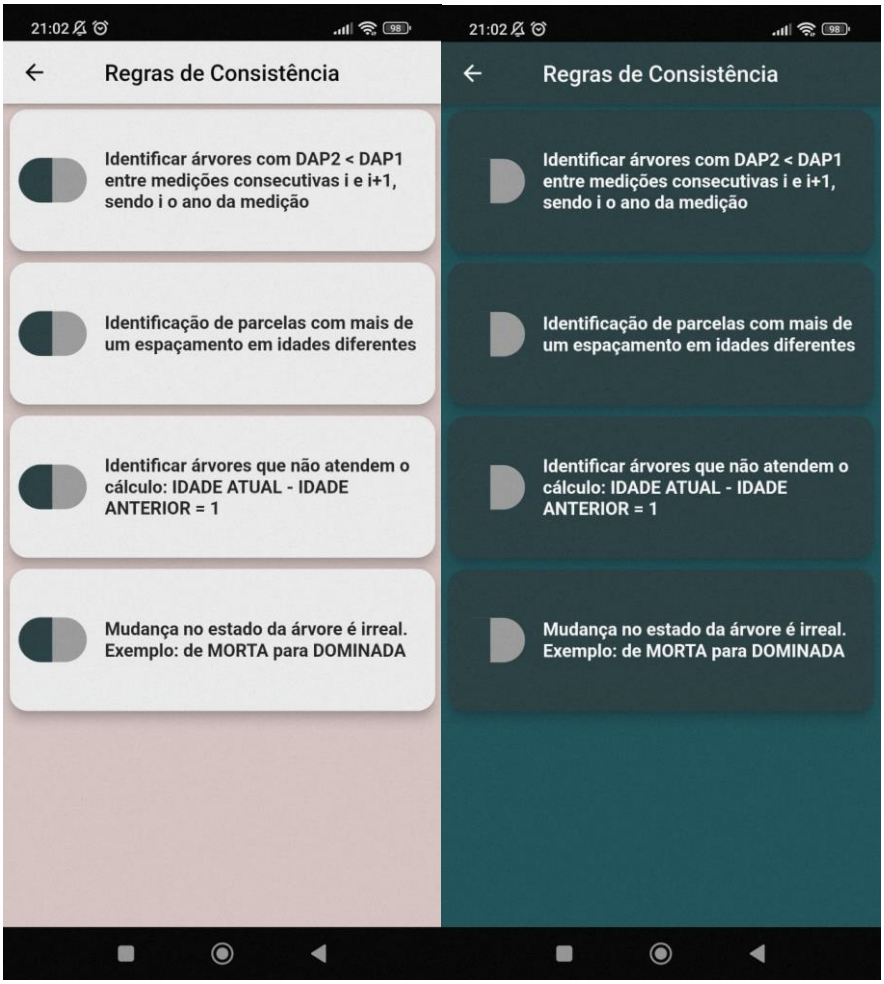


Fonte: o autor

5.1.1 Tela de configuração de regras de consistência

Na Figura 28 tem-se a tela de regras de consistência. O usuário pode escolher desativar alguma regra ou todas, dependendo da sua necessidade.

Figura 28 Tela de configuração de regras de consistência

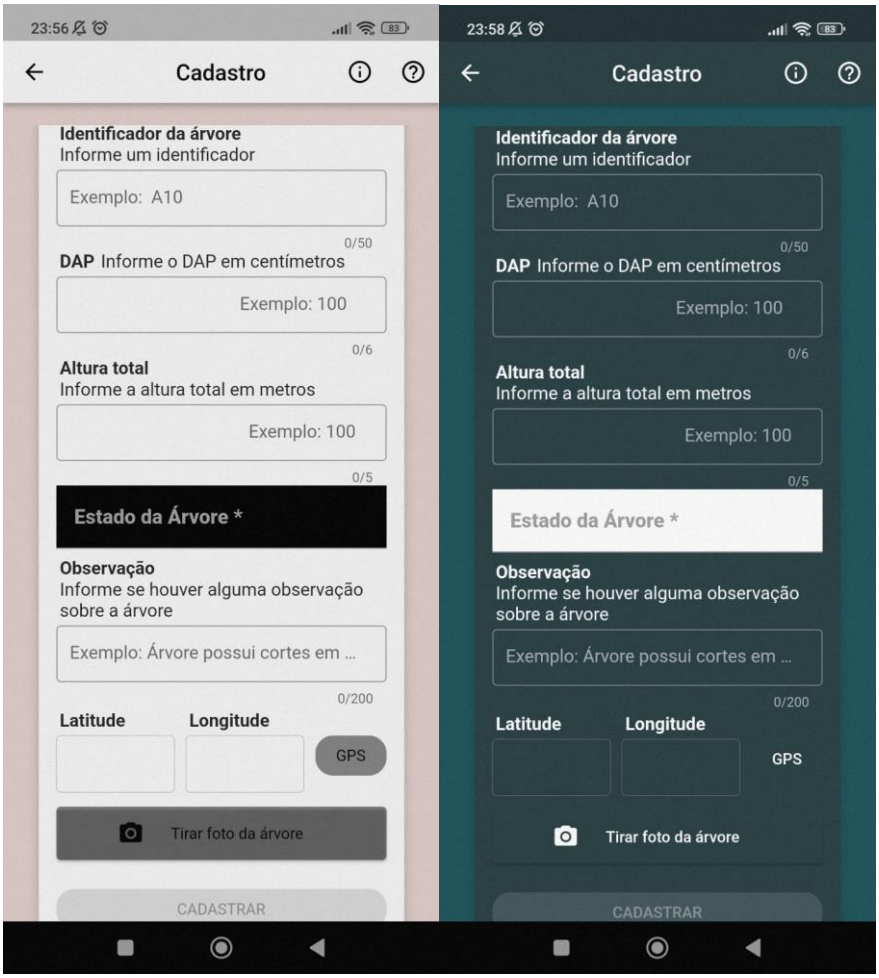


Fonte: o autor

5.1.2 Tela de cadastrar árvores.

Na Figura 29, tem-se a tela de cadastro de árvore, onde possui algumas regras de consistência, como: validar se dap e altura são iguais a zero; validar se o estado da árvore e um estado válido de acordo com o fluxograma de estados e se o dap atual não é menor que o dap anterior.

Figura 29 Tela de cadastrar árvores

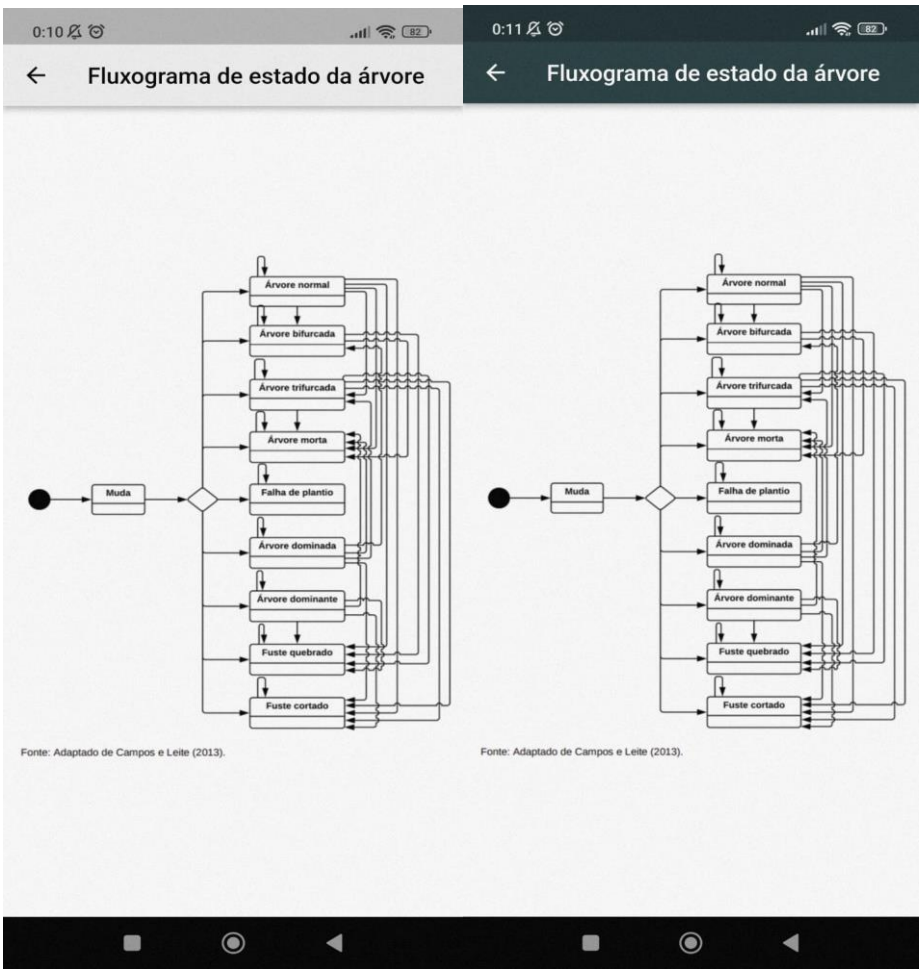


Fonte: o autor

5.1.3 Tela de fluxograma de estados da árvore

Na Figura 30 pode-se observar a tela de fluxograma de estados de uma árvore. Esta tela é aberta quando o usuário clica no ícone (?) no canto superior direito da tela de cadastrar árvore, com se pode ver na Figura 29. Com isso, permite visualizar os estados que a árvore pode assumir, com a intenção de auxiliar o entendimento dos estados devido a regra que os válida.

Figura 30 Tela de fluxograma de estados da árvore.

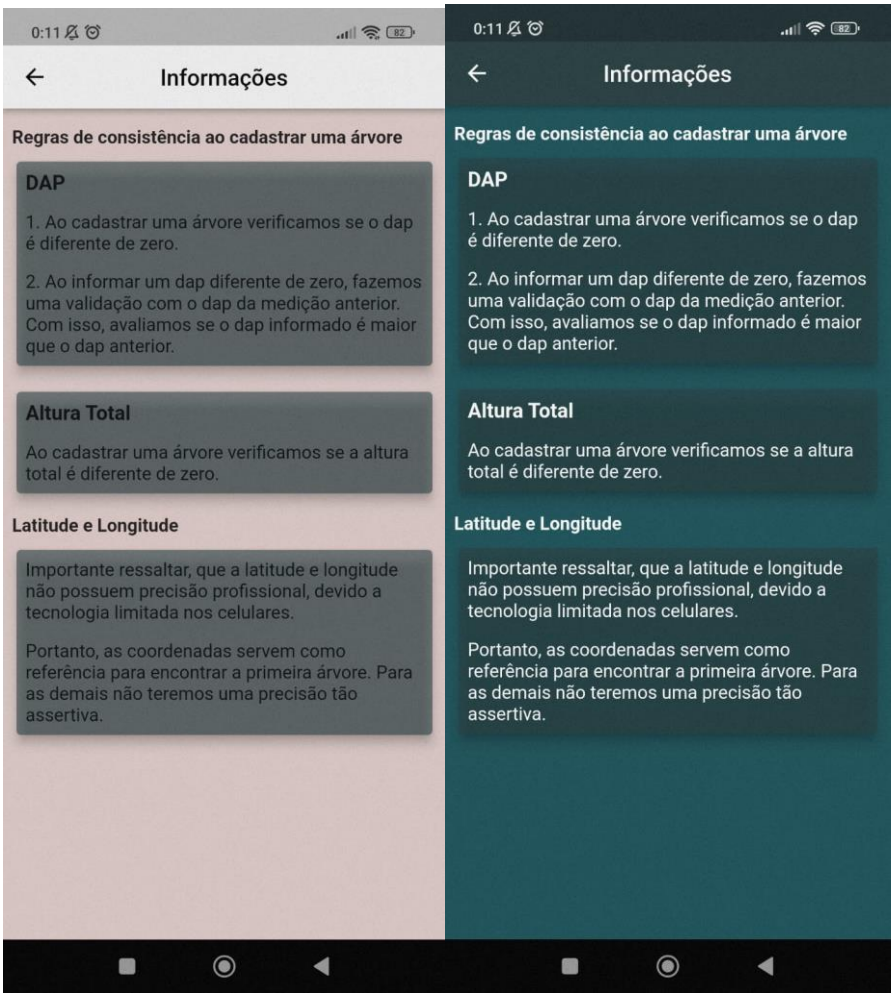


Fonte: o autor

5.1.4 Tela com informações para cadastrar uma árvore.

Na Figura 31 pode-se observar a tela com informações sobre as regras de consistência e a importância de se registrar as coordenadas geográficas. Esta tela é aberta quando o usuário clica no ícone (i) no canto superior direito da tela de cadastrar árvore, com se pode ver na Figura 29.

Figura 31 Tela com informações importantes ao cadastrar uma árvore.

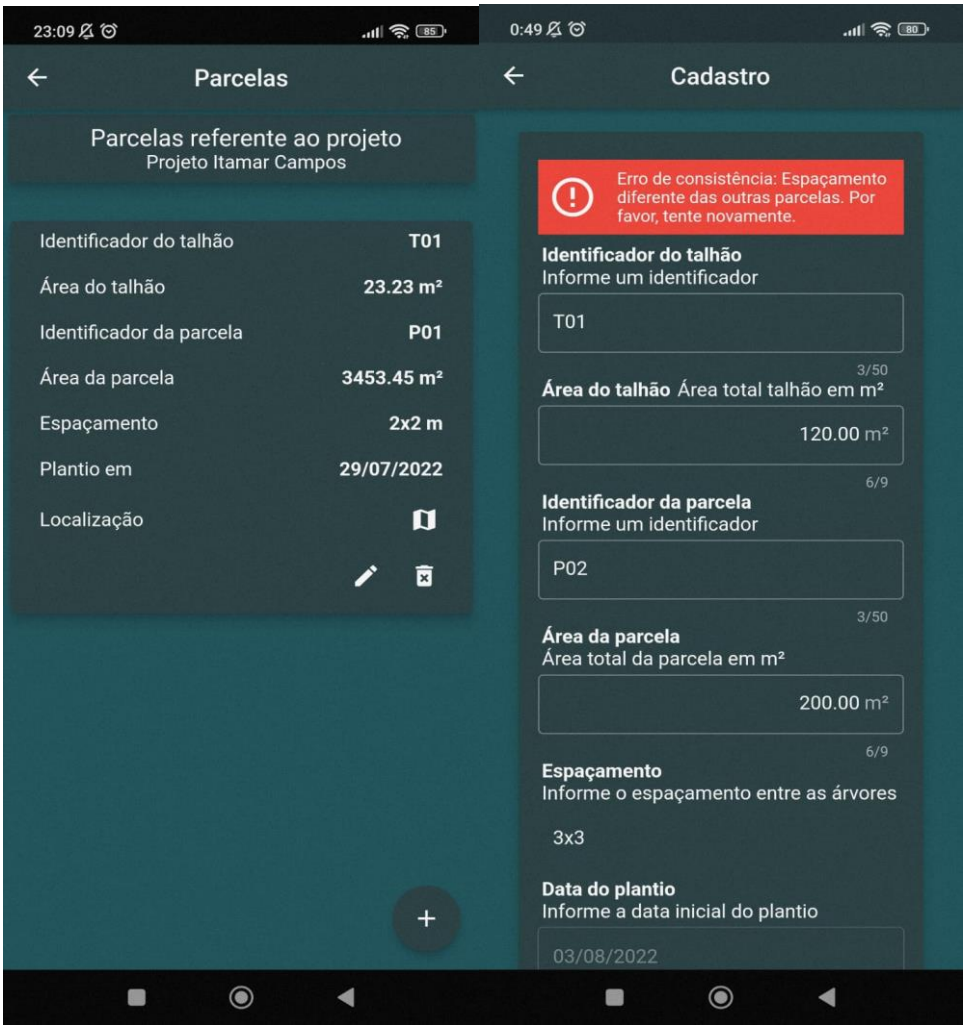


Fonte: o autor

5.2 REGRAS DE VALIDAÇÃO DE CONSISTÊNCIA

Nas telas mostradas pela Figura 32 pode-se observar como e quando acontecem as validações de consistência. Além de informar o usuário com dicas de como resolver o erro apresentado.

Figura 32 Erro ao validar regra de consistência para espaçamento entre parcelas

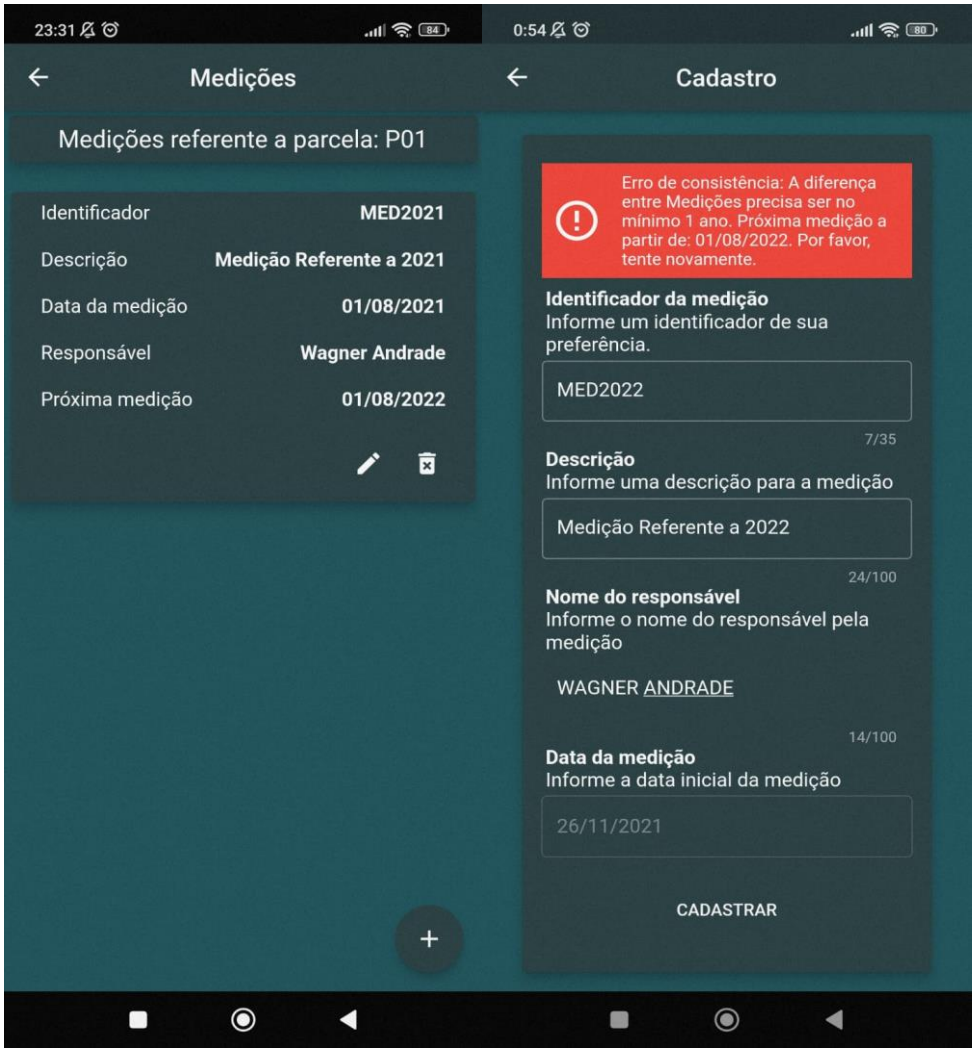


Fonte: o autor

Na primeira imagem da Figura 32, pode-se observar a listagem de parcelas onde contém uma parcela com espaçamento “2x2”. Na segunda imagem, temos o cadastro de uma nova parcela, onde foi informado o espaçamento “3x3”. A regra verifica as parcelas cadastradas e compara o espaçamento e com isso, é exibida uma mensagem de erro para o usuário quando divergem.

Na Figura 33 tem-se na primeira imagem, uma listagem de medições onde podemos observar a existência da medição “MED2021”. Na segunda imagem, temos o cadastro de uma nova medição “MED2022” referente a novembro de 2021. Ao tentar cadastrar, a regra busca pela última medição e verifica se existe ao menos um ano de intervalo entre as medições e caso não seja, exibe uma mensagem para o usuário informando a regra infringida, além de mostrar uma data sugerida para a próxima medição.

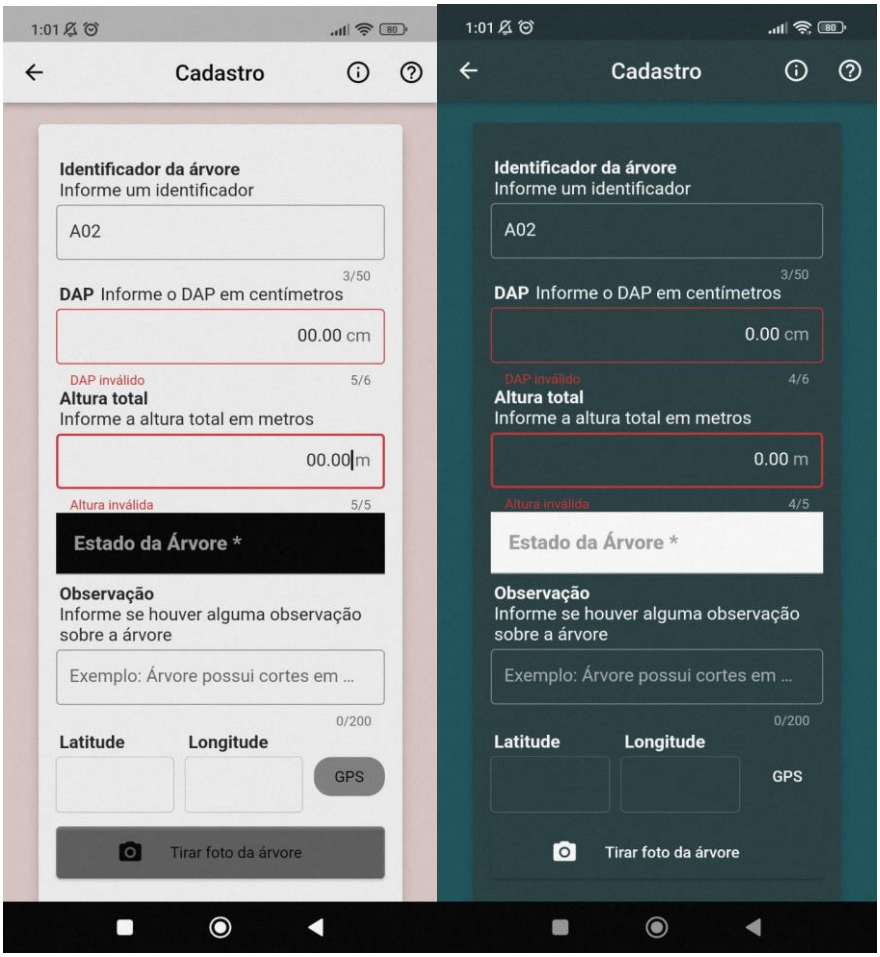
Figura 33 Erro ao validar regra de consistência para intervalo entre medições.



Fonte: o autor

Um ponto a se destacar ao cadastrar uma nova medição, e que a nova medição já vem com todas as árvores da medição anterior cadastrada. Dessa forma, evita o retrabalho de cadastrar novamente as árvores. Portanto, a única tarefa fica a cargo da remedição das árvores e atualização no aplicativo.

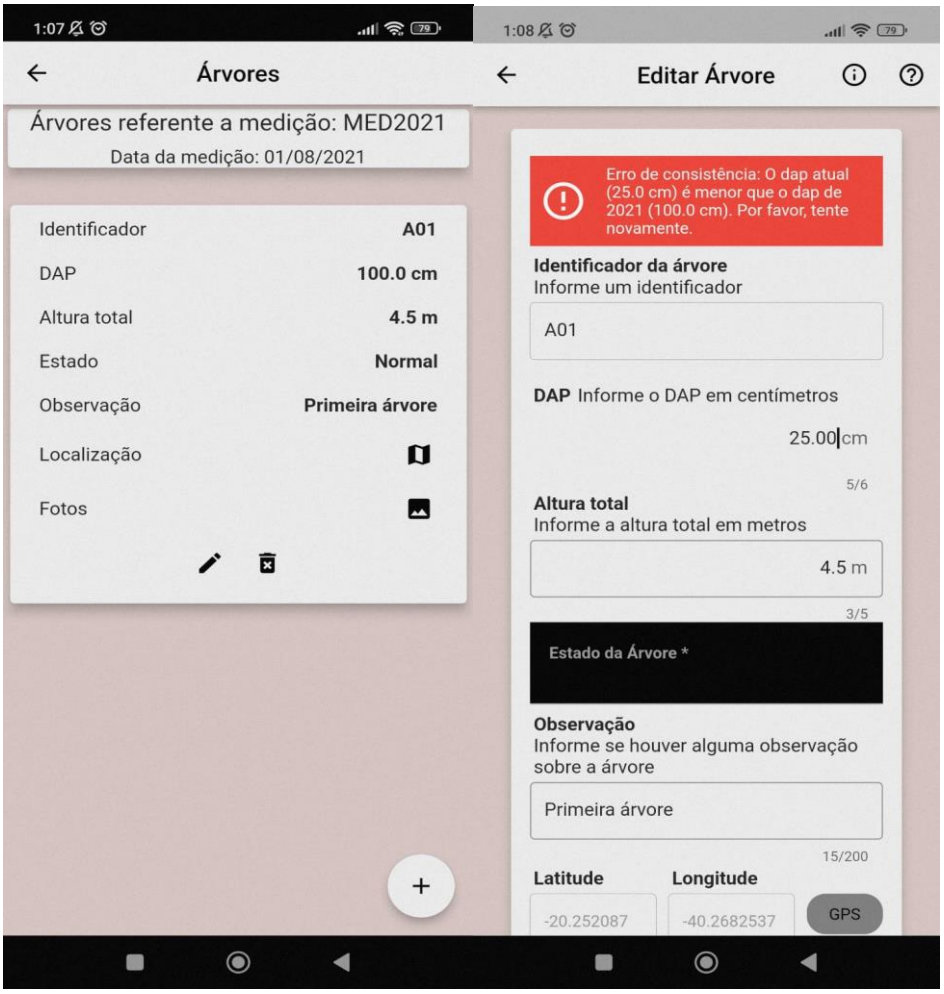
Figura 34 Erro ao validar regra de consistência para dap e altura igual a zero.



Fonte: o autor

Na Figura 34 tem-se a regra de consistência como também uma validação de *input*, com isso garantimos que será inserido um valor válido para cadastrar uma árvore. Lembrando que sendo a primeira medição, esse valor precisa apenas ser maior que zero, como podemos observar na segunda imagem. Porém, como pode ser visto na Figura 51, em medições subsequentes, novas regras serão aplicadas.

Figura 35 Erro ao validar regra de consistência que verifica se o dap atual é menor que o dap anterior.

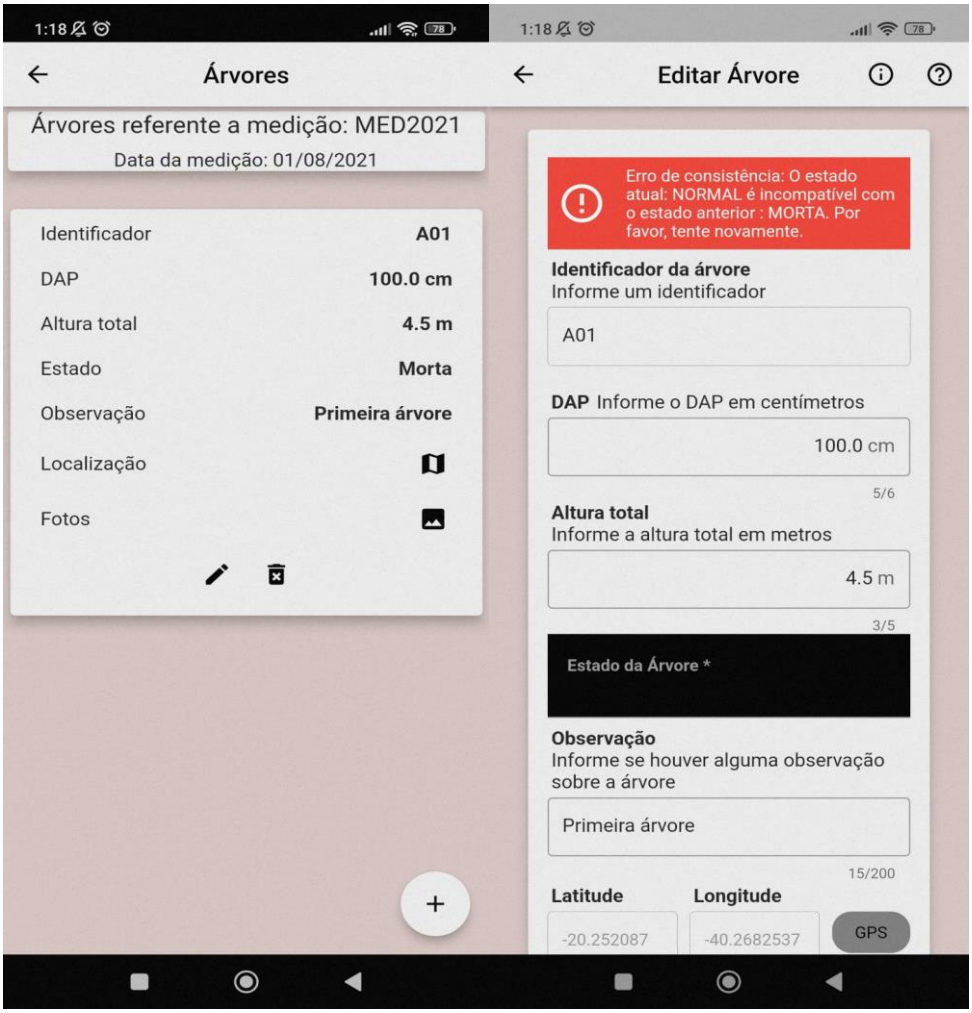


Fonte: o autor

Na Figura 35, tem-se na primeira imagem um dap de 100.0 cm cadastrado para a árvore com identificador A01, referente a medição de 2021. Na segunda imagem, temos uma medição do ano de 2022 para a mesma árvore com identificador A01. Porém, ao informar um dap menor que a medição anterior, é exibido para o usuário uma mensagem de que a regra de consistência não foi atendida.

Além disso, na mensagem de erro exibida para o usuário é exibido o dap atual e o dap anterior, com o intuito de facilitar para o usuário a identificação do problema.

Figura 36 Erro ao validar regra de consistência para estado da árvore inválido.



Fonte: o autor

Na Figura 36, tem-se na primeira imagem a árvore de com identificador A01 referente a medição de 2021 com o estado “Morta”. Na segunda imagem, temos uma medição do ano de 2022 para a mesma árvore com identificador A01. Porém, informando um estado “Normal” que é incompatível com o estado anterior e que podemos comprovar pelo fluxograma de estados no (ANEXO A). Com isso, é exibido para o usuário uma mensagem de que a regra de consistência não foi atendida. E mostrando na mensagem o estado atual e o estado anterior, com o intuito de agilizar o processo de correção.

5.3 TESTE DE USABILIDADE EM LABORATÓRIO

No teste de usabilidade foi-se solicitado um teste no laboratório de Engenharia Florestal da UFES em Jerônimo Monteiro. Com os testes algumas melhorias foram sugeridas e aplicadas no aplicativo, como pode ser visto na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11 Melhorias sugeridas no teste de usabilidade.

Melhorias	**Aplicada?**
Identificador alfanumérico para Parcela	Sim
Identificador alfanumérico para Talhão	Sim
Identificador alfanumérico para Árvore	Sim
Adicionar área do Talhão	Sim
Retirar a obrigação de informar a descrição da Medição	Sim
Tirar foto das Árvores ao cadastrar e editar	Sim
Fazer a média das coordenadas das árvores para pegar o centro da Parcela	Não
Mostrar na Parcela a altura média e dap médio as árvores	Não
Ao cadastrar uma árvore já abrir a tela de cadastro para a próxima árvore	Não
Ter modelo de produção para as árvores	Não
Ter como configurar os intervalos entre Medições	Não

Fonte: o autor

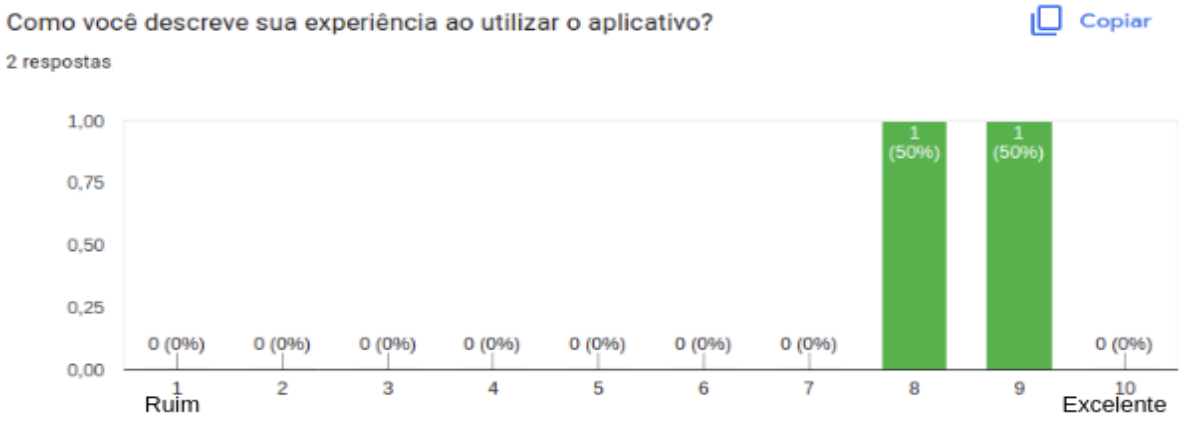
Como podemos observar na Tabela 11, algumas melhorias foram implementadas no aplicativo. As demais melhorias podem ficar como sugestão de aperfeiçoar o trabalho no futuro. Importante ressaltar, que as melhorias propostas não interferem na solução desenvolvida neste trabalho, uma vez que elas se referem a usabilidade dentro do aplicativo e não as validações de consistência presente no aplicativo.

5.3.1 Questionário aplicado aos testadores

Foi aplicado a dois acadêmicos, um doutorando e um mestrando, do departamento de Engenharia Florestal de Jeronimo Monteiro no Espírito Santo, um questionário com perguntas referente às funcionalidades e a percepção ao utilizar aplicativo, como podemos observar a seguir.

Para a avaliação de percepção do aplicativo foi obtida uma nota 8, que se pode considerar como bom e uma nota 9, que se pode considerar como muito bom.

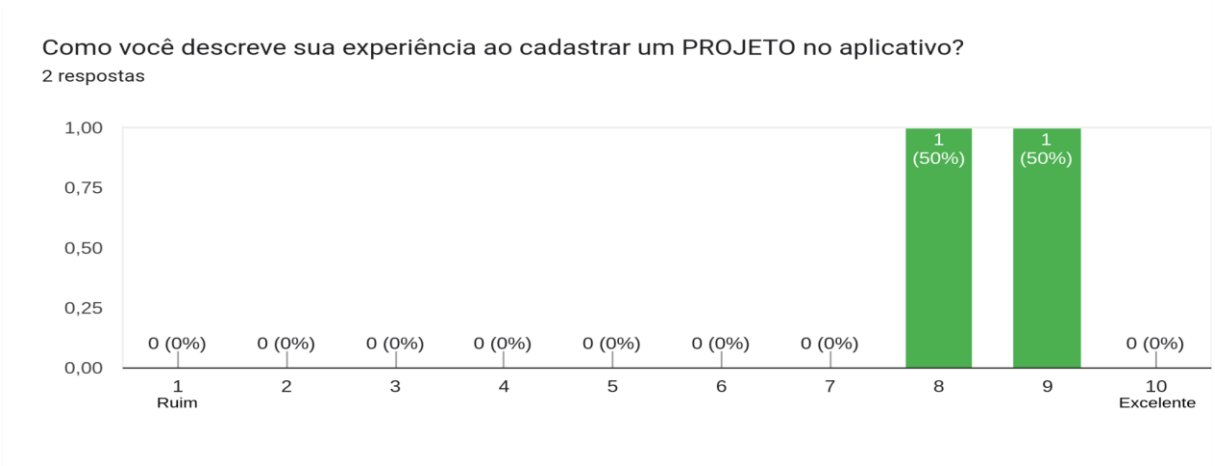
Figura 37 Experiência ao utilizar o aplicativo.



Fonte: o autor

Na Figura 37 obteve-se uma nota 8, que se pode considerar com bom e uma nota 9 de percepção ao cadastrar um projeto, que se pode considerar como muito bom.

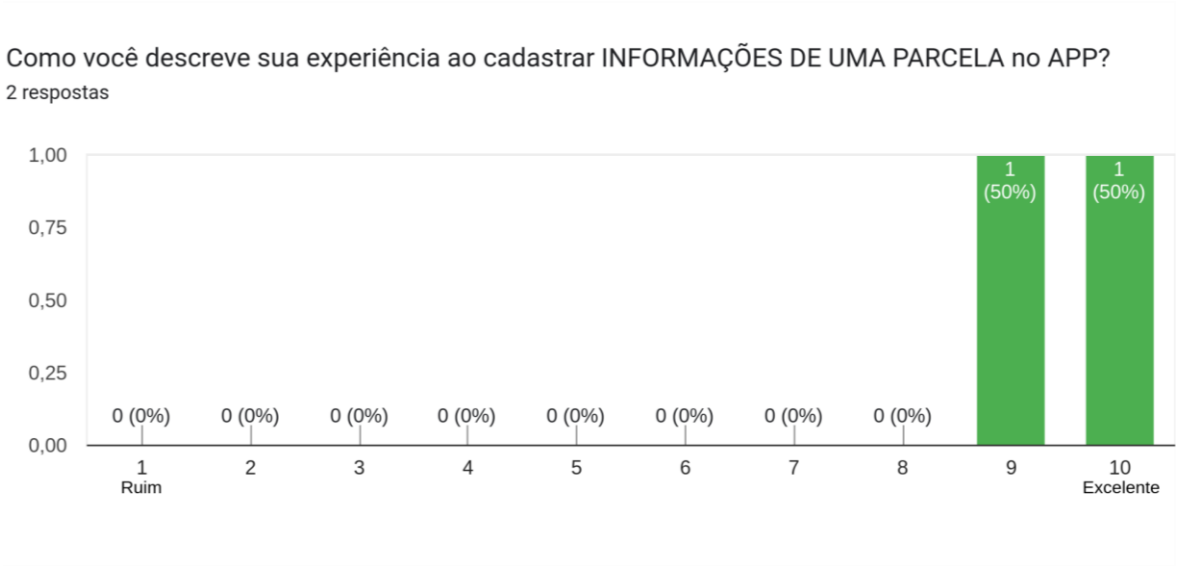
Figura 38 Experiência ao cadastrar um projeto.



Fonte: o autor

Na Figura 38 ao cadastrar as informações de uma parcela obteve-se uma nota 9, onde pode-se considerar como muito bom e uma nota 10, que se pode considerar como excelente.

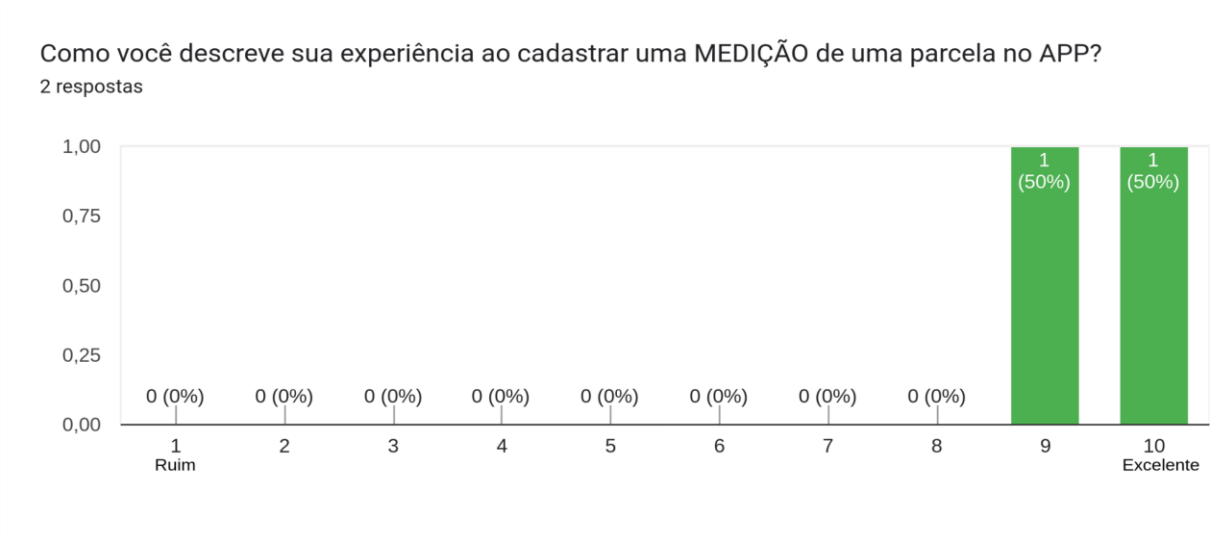
Figura 39 Experiência ao cadastrar informações de uma parcela



Fonte: o autor

Na Figura 40 ao cadastrar uma medição obteve-se uma nota 9, onde pode-se considerar como muito bom e uma nota 10, que se pode considerar como excelente.

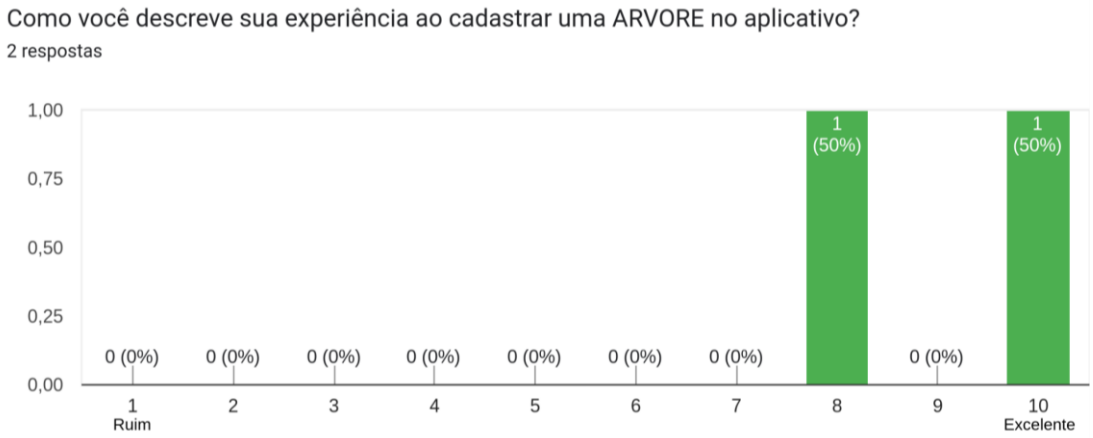
Figura 40 Experiência ao cadastrar uma medição



Fonte: o autor

Na Figura 41 ao cadastrar uma árvore obteve-se uma nota 8, onde podemos considerar como bom e uma nota 10, que se pode considerar como excelente.

Figura 41 Experiência ao cadastrar uma árvore



Fonte: o autor

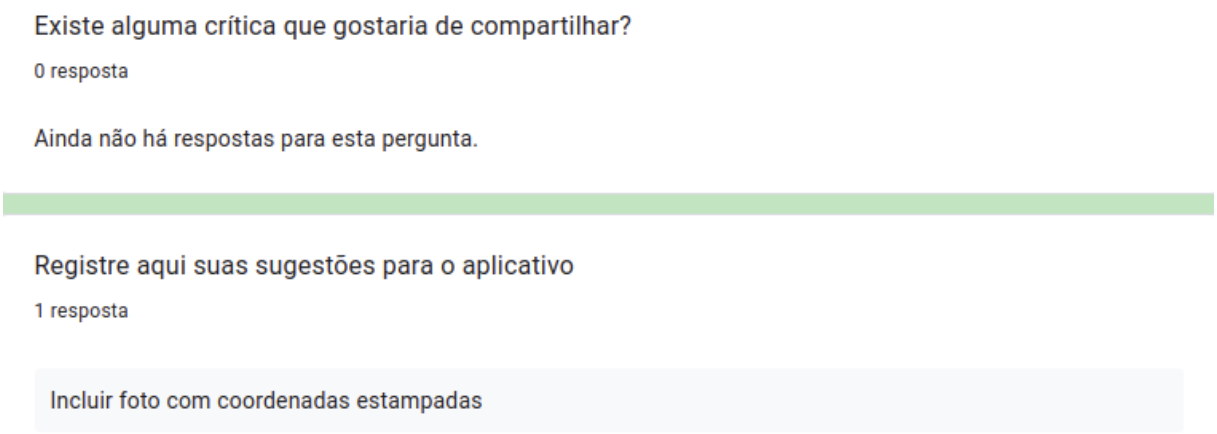
Na Figura 42 ao exportar os dados de um projeto (.CSV), obteve-se uma nota 8, onde pode-se considerar como bom e uma nota 10, onde pode-se considerar como excelente.

Figura 42 Experiência ao exportar dados de um projeto em csv

Fonte: o autor

Na Figura 43 pode-se observar as críticas e sugestões propostas para o aplicativo.

Figura 43 Crítica e sugestões para o aplicativo



Fonte: o autor

6 CONCLUSÃO

Este trabalho, com base na metodologia apresentada, produziu o ForestInv, um aplicativo móvel que possibilita realizar validações de consistência na coleta de dados de um Inventário Florestal Contínuo. As validações realizadas servem o propósito de permitir que modelos de previsão e controle obtenham resultados de maior confiabilidade.

Como a coleta desses dados muitas vezes é feita em locais onde não há acesso à internet, os dados podem ser coletados de forma offline para posteriormente serem sincronizadas com o servidor e disponibilizadas para os demais membros do projeto. Dentre as funcionalidades do aplicativo, duas se destacam: - a validação das regras de consistência em campo e; - permite a integração com outras ferramentas.

Para validar os requisitos implementados foi realizado um teste supervisionado de campo. Os usuários utilizaram o aplicativo para auxiliar a realização da coleta dos dados de um inventário florestal contínuo. Após os testes, um questionário foi aplicado para avaliar as percepções das funcionalidades utilizadas na aplicação. O aplicativo, de forma geral, foi considerado útil e as funcionalidades conferem com os objetivos e funcionalidades propostos.

O código do ForestInv está disponível no seguinte repositório público:

a) https://github.com/WagnerpbAndrade/forestinv_app

O trabalho apresentado tem grande potencial de contribuição nos processos de Inventário Florestal Contínuo de empresas privadas e públicas. Além, é possível que o software seja utilizado em instituições de ensino para a coleta, análises e aplicação de modelos de previsão e controle nos dados coletados.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

São propostas para trabalhos futuros:

a) Adicionar novas formas de exportação.

b) Permitir inclusão de novas regras de validação de consistência.

c) Adicionar opção de calcular altura e diâmetro por visão computacional.

d) Realizar testes em campo mais amplos.

e) Adaptar uma versão que permita a customização do aplicativo para outros tipos de inventário.

f) Possibilitar que o usuário personalize as informações que serão coletadas em um projeto de inventário.

g) Ajustar o aplicativo para funcionar no sistema iOS.

REFERÊNCIAS

ALEIXO DA SILVA, José Antônio; NETO, Francisco de Paula. **Princípios Básicos de Dendrometria** . 1979. 198 p. Bibliográfico (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1979. Disponível em: <http://esalqlastrop.com.br/img/aulas/24_principios_dendrometria.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

ANDROID BOY'S LAB. In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <http://androidboy1.blogspot.com/2015/12/smart-tools-v20.html>. Acesso em: 23 novembro 2018.

APTOIDE. In:. [s.n.], 2018. Disponível em: < https://measure-height-deskis-ou.es.aptoide.com/>. Acesso em: 23 Novembro 2018.

BATINI, C.; SCANNAPIECA, M. **Data Quality: Concepts, Methodologies and Techniques**. Roma: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal:** perguntas e respostas. 2. Ed Viçosa: Editora UFV, 2006. 470 p.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal:** perguntas e respostas. 4. Ed Viçosa: Editora UFV, 2013. 605 p.

CIENTEC. **Cientec Aceladora.** Disponível em: < https://www.cientec.net/ >. Acesso em 12 junho 2022.

FLUTTERANDO. **Clean Dart.** Disponível em: < https://github.com/Flutterando/Clean-Dart>. Acesso em 12 junho 2022.

COCKBURN, Alistair. Hexagonal architecture. [S. L.]: Alistair Cockburn, [20--]. Disponível em: <https://alistair.cockburn.us/hexagonal-architecture/>. Acesso em: 22 julho 2022.

DUVEMO, K. **The influence of data uncertainty on planning and decision processes in forest management**. 2009.

FERNANDO CEJAS. In:. [s.n.], 2018. Disponível em: <https://fernandocejas.com/2018/05/07/architecting-android-reloaded/>. Acesso em: 8 Novembro 2018.

FIREBASE. In: . [s.n.], 2018. Disponível em: <https://firebase.google.com/>. Acesso em: 8 Novembro 2018.

FUPEF Inventário comercial de um bloco de exploração na Floresta Nacional do Tapajós. Curitiba: FUPEF - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1983. 234p. (Relatório Técnico).

FRAGA FILHO, C. V. **Modelagem para prognose do crescimento e produção de eucalipto em diferentes níveis de abordagem.** 2016. 281 f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

GONÇALVES, A. L. Desenvolvimento de um aplicativo android utilizando banco de dados não-relacional para organização e controle de presença de um time de futebol. 2016.

GUEDES, Gilleanes T. A. UML: Uma abordagem prática. São Paulo: Novatec, 2006.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensuration. New York: The Ronald, 1972. 410 p.

IDC: Smartphone OS Market Share. IDC: The premier global market intelligence company. Disponível em: <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>. Acesso em: junho 2018.

ISLAM, M. N.; KURTTILA, M.; MEHTÄTALO, L.; HAARA, A. Analyzing the effects of inventory errors on holding-level forest plans: the case of measurement error in the basal area of the dominated tree species. **Silva Fennica**, v. 43, n. 1, p. 71–85, 2009. Finnish Society of Forest Science.

ITOH T., Eizawa J., Yano N., Matsue K., Naito K. 2010. Development of Software to Measure Tree Heights on the Smartphone. Journal of the Japanese Forest Society, 92, 221–225. http://dx.doi.org/10.4005/ jjfs.92.221

LARSEN D.R., Hann D.W., Stearns-Smith S.C. 1987. Accuracy and Precision of the Tangent Method of Measuring Tree Height. WJAF, 2 (1), 26–28.

LEE Y.S., Cho S.B. 2011. Activity recognition using hierarchical hidden Markov models on a smartphone with 3D accelerometer. In: Proceedings of 6th International Conference Hybrid Artificial Intelligent Systems HAIS 2011, Wroclaw, Poland, May 23–25, 2011 (eds.: E. Corchado, M. Kurzyński, M. Woźniak), 460–467

LUKIC N., Bozic M., Cavlovic J., Teslak K., Novosel D. (2005). Investigating the Vertex III ultrasonic altimeter/distance measurer applicability in relation to the most commonly used altimeters in the forestry of Croatia. Sumarski list 129(9–10): 481–488. [In Croatian].

MARTIN, R. C. In:. [s.n.], 2012. Disponível em: <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html>. Acesso em: 20 junho de 2022.

MEUNIER, I.M.J.; SILVA, J.A.A.; FERREIRA, R.L.C. Inventário Florestal: Programas de Estudo. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2001. 189p.
MMA: Florestas. Disponível em <http://www.mma.gov.br/florestas>. Acesso em: junho de 2018.

PALERMO, Jeffrey. The Onion Architecture : part 1. [S. L.]: [S.I.], 2008. Disponível em: <https://jeffreypalermo.com/2008/07/the-onion-architecture-part-1/>. Acesso em: 22 julho 2022.

PÉLLICO NETTO, S. & BRENA, D.A. Inventário Florestal.V.1, Curitiba, PR, 1997. 316p.

PIENAAR, L. V.; SHIVER, B. D. Survival functions for site prepared slash pine plantations in the flat woods of Georgia Northern Florida. **Southern Journal Forestry 5**, p.59-62, 1981.

POLLARD J.E., Westfall J.A., Patterson P.L., Gartner D.L., Hansen M., Kuegler O. (2006). Forest inventory and analysis. National data quality assessment. Report for 2000 to 2003. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-181. 43 p.

PROANDROIDDEV. In: . [s.n.], 2017. Disponível em: < https://proandroiddev.com/android-architecture-components-cb1ea88d3835 >. Acesso em: 8 Novembro 2018.

RESEARCH, Grand View. Market Analysis Report. [S. L.]: Grandviewresearch, 2022. Disponível em: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mobile-application-market#:~:text=The%20global%20mobile%20application%20market%20size%20was%20estimated%20at%20USD,USD%20206.73%20billion%20in%202022. Acesso em: 22 jul. 2022.

ROBERTO ALFF, Francilvio. Diagrama de Casos de Uso (use case diagram). *In*: **Análise de Requisitos**: Diagrama de Casos de Uso (use case diagram). [*S. l.*], 22 fev. 2018. Disponível em: https://analisederequisitos.com.br/diagrama-de-casos-de-uso/#Extend_ou_Extensao. Acesso em: 20 ago. 2022.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK , L. F.; CORTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V. Inventários Florestais: planejamento e execução. Curitiba: Multi-Graphic, 2006. 270 p.

SHIVER, B. D.; BORDERS, B. E. Sampling Techniques for Forest BRASIL. Resolução CONAMA no 309 de 20 de março de 2002. Resource Inventory. New York: John Wiley & Sons, 1996. 350 p.

SOARES, Carlos Pedro Boechat; NETO, Francisco de Paula; SOUZA, Agostinho Lopes de. Dendrometria e Inventário Florestal. 2ª. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272 p.

SOUZA, C. O. FERRAMENTA PARA GARANTIA DA QUALIDADE DE BASES DE DADOS DE INVENTÁRIO FLORESTAL. 2016. 127 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Alegre, 2016.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software-9a Edição. [S.l.]: Pearson Education, 2011.

VEIGA, R.A.A. Dendrometria e Inventário Florestal. Botucatu, SP: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1984. Boletim didático n. 1. 108p.

VANCLAY, J. K. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. **School of Environmental Science and Management Papers**, p. 537, 1994.

VILLASANTE A., Fernandez C. (2014). Measurement errors in the use of smartphones as low-cost forestry hypsometers. Silva Fennica vol. 48 no. 5 article id 1114. 11 p.

ELOFORTE. **Equipamentos florestais.** Disponível em: < https://www.eloforte.com/vertex-laser-geo>. Acesso em 12 junho 2022.

ELOFORTE. **Equipamentos florestais.** Disponível em: < https://www.eloforte.com/vertex-iv>. Acesso em 12 junho 2022.

HONEYWELL. **Coletor de dados portátil CN51**. Disponível em: < https://sps.honeywell.com/br/pt/products/productivity/mobile-computers/handheld-computers/cn51-handheld-computer>. Acesso em 12 junho 2022.

EMBRATOP. **Trimble Juno SB.** Disponível em: https://www.embratop.com.br/produto/trimble-juno-sb/ >. Acesso em 12 junho 2022.

TREESOFTWARE. **TreeSoftware**. Disponível em: < https://treesoftware.com.br/ > Acesso em junho 2018.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL

No (APÊNDICE A), a seguir, encontra-se respostas do questionário sobre Inventário Florestal aplicado a participantes com diferentes formações acadêmicas (APÊNDICE O), composto por: professores do Instituto Federal do Amapá (IFAP), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), bem como estudantes e profissionais de empresas do mercado da área florestal, como Eldorado Brasil, Celulose Riograndense, Bahia Specialty Cellulose/Copener (BSC/Copener) e Inventar GMB Consultoria Ltda. Deste questionário, obtivemos um total de 16 (dezesseis) respostas, pelas quais foi possível identificar os problemas relatados nas coletas do dado e validar algumas suposições como problemas na medição do Dap e altura, inserção dos dados. Além disso, a importância dada a consistência dos dados coletados durante a coleta do dado e bem como o impacto, que cada participante do questionário destacou sobre esses fatores.

Figura 22 Cópia do e-mail enviado aos participantes

Aplicativo móvel para Coleta de Dados de Inventário Florestal

Caixa de entrada ×

Wagner Andrade <wagnerpbandrade@gmail.com> sex, 29 de jun 13:49

para [redacted]

Bom tarde! Sou Wagner Andrade, graduando pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no campus Alegre-ES.

Estou desenvolvendo um aplicativo para Android para coleta de dados para inventário florestal como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) sob orientação do Prof. Dr. Clayton Vieira Fraga Filho.

Venho por meio deste solicitar sua participação respondendo a um breve questionário que pode fornecer informações importantes para meu trabalho, que, quando concluído, será disponibilizado para toda a comunidade de usuários.

Peço ainda que, por gentileza, você encaminhe este e-mail para pessoas que você conhece que trabalham na área de inventário, ou que utilizam dados de inventário nas suas atividades.

O questionário está disponível no seguinte link: http://bit.ly/appColeta

Agradeço antecipadamente por sua participação.

A seguir são apresentadas as respostas obtidas no questionário.

Que tipo de inventário florestal você realiza?

16 respostas

SISTEMÁTICO
Amostragem/ Inventário contínuo
Todos relacionado a floresta plantada
Todos, desde lançamento em mapas até processamento.
Qualitativo 6 meses e 12 meses de idade, Contínuo a partir de 24 meses, Pré-Corte, Resíduo
madeireiro
Inventário Florestal Contínuo e Pré Corte
Pré corte, contínuo, qualidade e sobrevivência
Amostral e censitário
IF Diagnóstico e IF 100%
Inventario florestal qualitativo, Inventario Florestal continuo, Inventario Florestal pre corte.
Contínuo, pré corte e sobrevivência
Contínuo, qualidade e pré-corte
Inventário amostral
Em pequenas áreas, com fins didáticos
Inventario Florestal Nacional no Acre

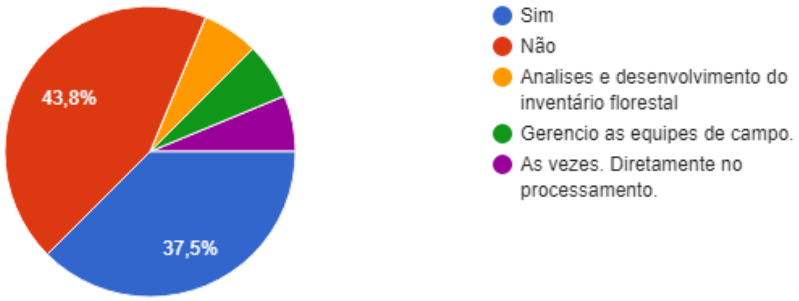
Qual é a finalidade inventário florestal realizado por você ou sua empresa?

16 respostas

PESQUISA
Estudos
Estoque, planejamento, compra e venda, qualidade
Coleta de Dados e processamento a outras empresas
Estoque presente, Prognose e produção, Planejamento Estratégico médio e longo prazo.
pesquisa
Volume para Colheita e Modelagem de Crescimento
Pré corte : Volume de madeira a ser colhido, Contínuo: acompanhamento de crescimento e estoque da floresta, qualidade: heterogeneidade da floresta, sobrevivência: avaliação para replantio e controle de pragas e doenças.
Licenciamento e PMFS
Manejo Florestal Madeireiro (floresta nativa)
Acompanhar a qualidade na implantação da floresta (qualitativo), disponibilizar volume para o planejamento da colheita, estimar volume para planejamento de abastecimento da fabrica.
Monitorar crescimento, quantificar estoque e avaliar sobrevivência
Atualização de funções, projeções, estoque e estimativa de volume para colheita
Conhecer as espécies
Didáticos
Levantamento das espécies florestais para determinação da diversidade florísticas e distribuição das espécies no território.

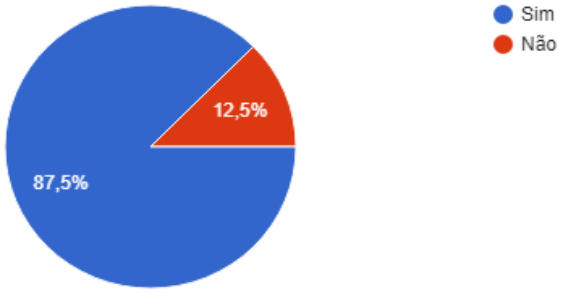
Você trabalha diretamente na coleta de dados para inventário florestal?

16 respostas



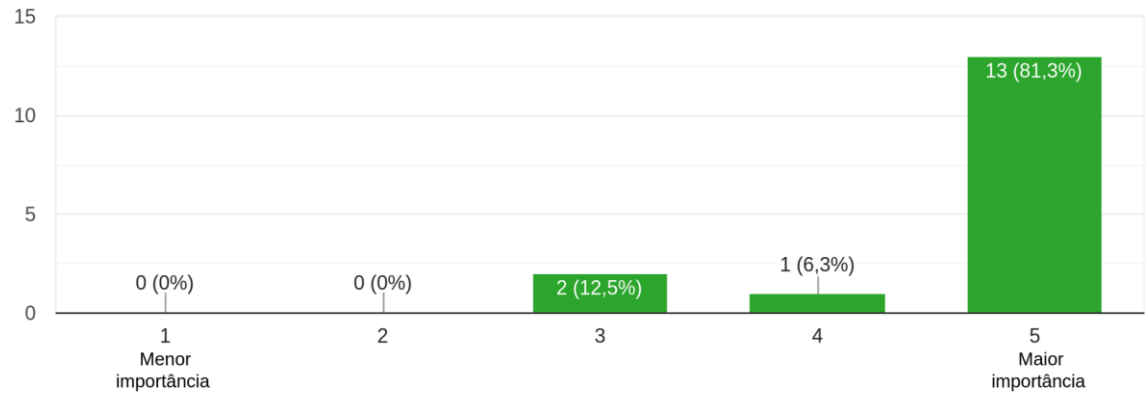
Você ou sua empresa realizam a validação de consistência dos dados coletados?

16 respostas



Qual é a importância que você dá para validação de consistência pós-coleta do dado?

16 respostas



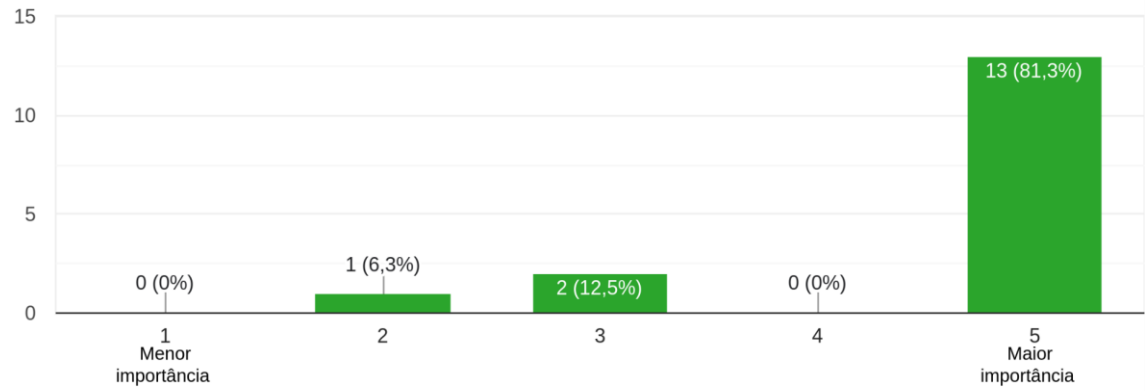
Para realizar as medições dentro das parcelas, atualmente você utiliza algum coletor e/ou software? Forneça mais detalhes, se possível

16 respostas

Não (3)
SIM
Não
Sim, Analytcs Inflor
Sim. Coletor de dados vinculado ao SGF e também um com software BASIC próprio.
Sim, Intermec CN51 com o SO windows embedded handheld 6.5
sim
SifCub CE no coletor da Trimble Juno
Sim, utiliza-se coletor de dados.
Sim....aplicativo do mata nativa
Equipamentos para medição das variáveis e GPS para localização geográfica das árvores.
Sim.
Sim, coletor de dados, modelo intermec e Motorola, rondando sob Windows mobile 6.1
coletor de dados intermec - sistema Inflor (interface SGF)

Qual é a importância que você dá para validação de consistência durante a coleta do dado?

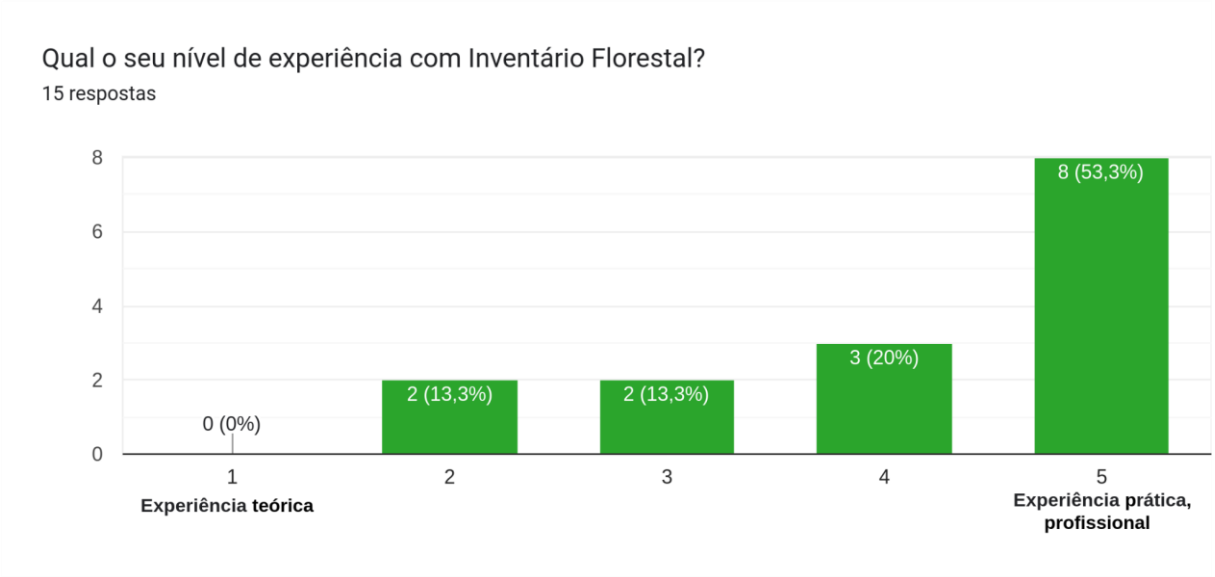
16 respostas



Justifique a resposta anterior

16 respostas

A VALIDAÇÃO SUGERE VERIFICAR SE SEUS RESULTADOS ESTÃO CORRETOS.
Para termos dados consistentes para os processamentos futuros, já é necessário e bastante útil que eles já saiam do campo já validados.
Evitar retrabalho e retornos ao campo
A validação em campo elimina o retrabalho.
Minimizar o retrabalho da coleta em campo
dados ruins análises ruins
indica as equipes de campo possíveis erro na medição
Caso ocorra erro pode impactar diretamente no volume da parcela e consequentemente no volume da floresta.
Evite esforço amostral desncessário
Se a base de dados estiver incorreta, todas as demais análises estarão.
A qualidade dos dados é de extrema importância para confiabilidade do inventário.


Qual o seu nível de experiência com Inventário Florestal?
15 respostas
8
6
4
2
0
0 (0%)
2 (13,3%)
2 (13,3%)
3 (20%)
8 (53,3%)
1
2
3
4
5
Experiência teórica
Experiência prática, profissional

Quais os principais problemas encontrados em suas bases de dados de inventário florestal? Por favor, forneça detalhes. Quando mencionar variáveis, se possível, especifique quais.

16 respostas

FALTA DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO DE ALGUMAS VARIÁVEIS EM FLORESTAS TROPICAIS

Falta de alguns valores. Valores fora do normal (outliers). Anotações erradas.

Controle entre a coordenada sugerida e a realizada. Validação de distancia por aproximação ao ponto sugerido.

Erros de digitação, preenchimento, informação incompleta da equipe de campo.

Erros de digitação, faltando ou sobrando dígitos

em grandes bases é comum encontrar valores inconsistentes de variáveis

inconsistências na sequência de covas medidas e erros de medição ou digitação

A medição de altura, por ser uma medida indireta está mais sujeito a erros. problemas de sistema, com a atualização de versão sempre acaba impactando no processo.

Altura e volume- São variáveis de difícil obtenção e tem muitos erros de medição principalmente em florestas nativas

Anotação incorreta das variáveis dendrométricas.

Inconsistência na coleta de dap, altura. Erros na instalaçao da parcela, influenciando no numero de fuste/ha. Erro na classificação do tipo de arvore.

Podem ocorrer inconsistência entre medições consecutivas, como no inventário contínuo.

outliers, erros de processamento, medições desconexas, número de árvores

Falhas na identificação

Medição de altura, identificação botânica e erros na localização da medição de dap

Controle das espécies que foram coletados os materiais botânicos, tendo em vista a metodologia do IFN.

Qual deles você atribui à atividade de coleta?

16 respostas

DIFICULDADE EM SE MEDIR ALGUMAS VARIÁVEIS
Grande parte
Nenhum
Todos.
todos
no caso da coleta as medidas de altura e volume são os maiores problemas
todos
A medição de altura
Altura
Anotação incorreta.
Ambos
Erro na medição de alturas e diâmetros.

número de árvores errado, incompatibilidade de medições contínuas
Problema na identificação
Identificação botânica
Controle das coletas botânicas

Sugira funções/funcionalidades que considera importante em um aplicativo mobile para coleta de dados.

16 respostas

LEMBRAR QUE AS ÁRVORES PODEM TER BIFURCAÇÃO OU TRIFURCAÇÃO OU MAIS
Armazenamento. Facilidade na coleta. Verificação de consistência.
Base de mapas leves de fácil navegação, reconhecimento de voz, integração bluetooth com Suta eletrônica
Integração com base de mapas para melhor logística e agilidade.
validação de quantidade de covas da parcela, validação de limite de variação em coordenadas geográficas
novas tecnologias para medir altura e volume
apresentar para a equipe de campo o número da fila, cova e código de qualidade da medição anterior. registro de horário de início e término da coleta de dados. registro de ocorrências de mato, formiga, etc
GPS e Mapa com a localização das parcelas, facilita localização.
Fácil aplicação e eficiência nas estimativas
A partir das informações da espécie e variáveis dendrométricas, gerar o resultado da estrutura horizontal da floresta, bem como volume das árvores, por espécie, por unidade de área...
Capacidade de incluir validação das variáveis. Facil de utilizar. Capacidade de armazenamento. Não travar.

Consistência entre medições e amplitudes limites para as variáveis de interesse.
Verificação da medição anterior sem influenciar a performance
Têm que ser leve
Glossário com características de espécies, imagens para comparação, nomes populares e científicos, lista de espécies de maior ocorrência na região
Identificação das espécies já catalogadas seguidas de suas respectivas observações

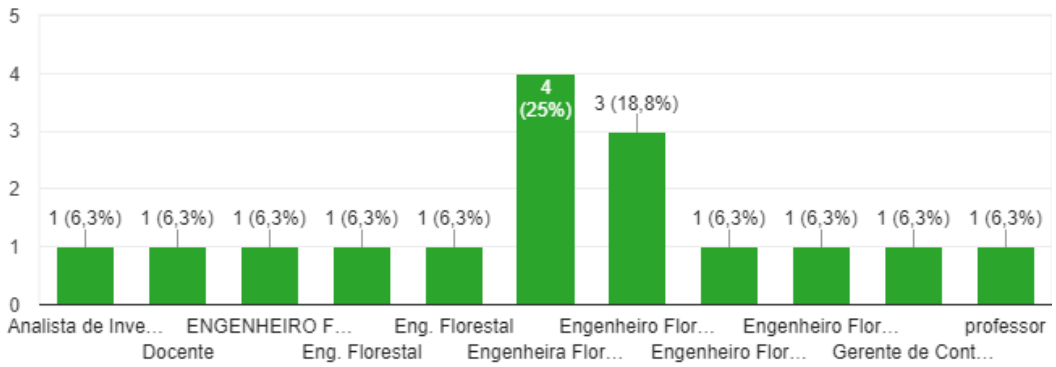
Você sugere a integração/comunicação com outros equipamentos? Quais?

13 respostas

- Ideal que seja em dispositivo que já possua GPS, bluetooth e GPRS. Assim terá comunicação total com qualquer equipamento.
- Trabalhar em conjunto com alguma aplicação que faz backup dos banco de dados, para se ter segurança da informação.
- toda integração deve ser tentada
- plataforma para envio e recebimento de dados, por exemplo via e-mail (outlook)
- Sim, ArcGis.
- GPS
- No momento não...
- Sim. Interface com os sistemas utilizados nas empresas. Ex.SGF. Capacidade de incluir no aplicativo informações da mediçao anterior. Incluir a ordem de serviço, com as coordenadas das parcelas, bem como relacao de projeto e talhao que devem ser mensurados.
- Sim. Banco de dados relacionais, como Ms-Access.
- tablet, gps, mapas
- Com o GPS
- Que as informações pudessem ser usadas também no computador
- Não sei

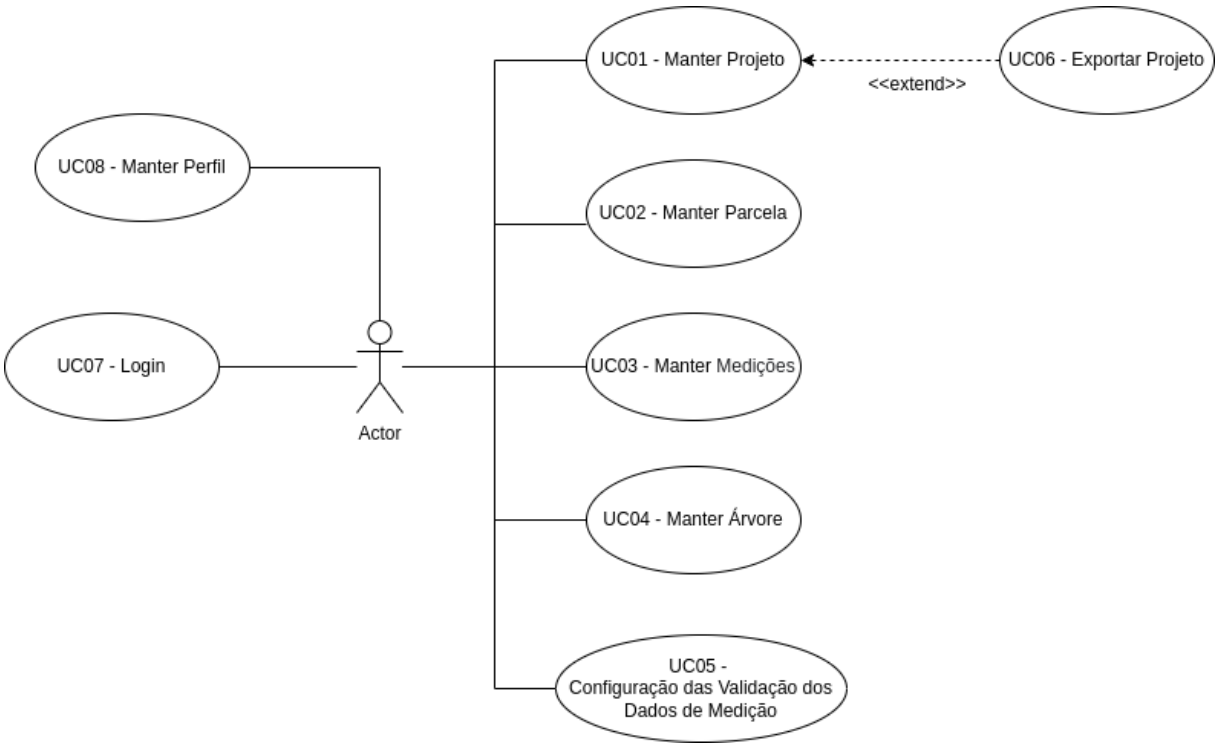
Sua profissão?

16 respostas



APÊNDICE B – CASO DE USO

Figura 22 - Diagrama de caso de uso completo do aplicativo ForestInv.



Fonte: o autor

APÊNDICE C – REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Os requisitos não funcionais são aqueles que não se relacionam diretamente com as funções e objetivos do sistema; no entanto, são restrições impostas aos serviços oferecidos pelo sistema (SOMMERVILLE, 2011).

RNF02 - Firebase Framework: Utilizar o Firebase, uma plataforma web mantida pela Google, na qual é possível construir aplicações móveis e web. A vantagem de utilizar a plataforma Firebase é que ela possui vários serviços que ajudam bastante os desenvolvedores. Por exemplo, Firebase Auth, que permite controlar todas as formas de autenticação do sistema, habilitando ou não para o usuário alguns serviços; *Firebase Cloud Firestore*, que é o serviço de banco de dados em tempo real, a sincronização dos dados acontece em questão de milissegundos; Firebase Cloud Storage é o responsável pelo armazenamento dos dados, que se pretende utilizar neste projeto para armazenar imagens. Além desses serviços, o Firebase possui vários outros (Cloud Message, ADWords, Google Analytics, entre outros) (FIREBASE, 2018).

RNF04 - Armazenamento de Dados: O sistema deve armazenar, no máximo, 1 GiB, por limitação do banco de dados, utilizado gratuitamente. Caso haja necessidade de maior quantidade de acessos, é necessária a obtenção de algum plano pago.

RNF05 - Leituras de Documentos: O sistema deve ser acessado para leitura por, no máximo, 50.000 vezes ao dia, por limitação do banco de dados, utilizado gratuitamente. Caso haja necessidade de maior quantidade de acessos, é necessária a obtenção de algum plano pago.

RNF06 - Gravações de Documentos: O sistema deve gravar dados por, no máximo, 20.000 vezes ao dia, por limitação do banco de dados, utilizado gratuitamente. Caso haja necessidade de maior quantidade de acessos, é necessária a obtenção de algum plano pago.

RNF07 - Exclusões de Documentos: O sistema deve excluir documentos por, no máximo, 20.000 vezes ao dia, por limitação do banco de dados, utilizado gratuitamente. Caso haja necessidade de maior quantidade de acessos, é necessária a obtenção de algum plano pago.

RNF08 - Saída de Rede: O sistema deve ter uma saída de rede de, no máximo, 10 GiB por mês, por limitação do banco de dados, utilizado gratuitamente. Caso haja necessidade de maior quantidade de acessos, é necessária a obtenção de algum plano pago.

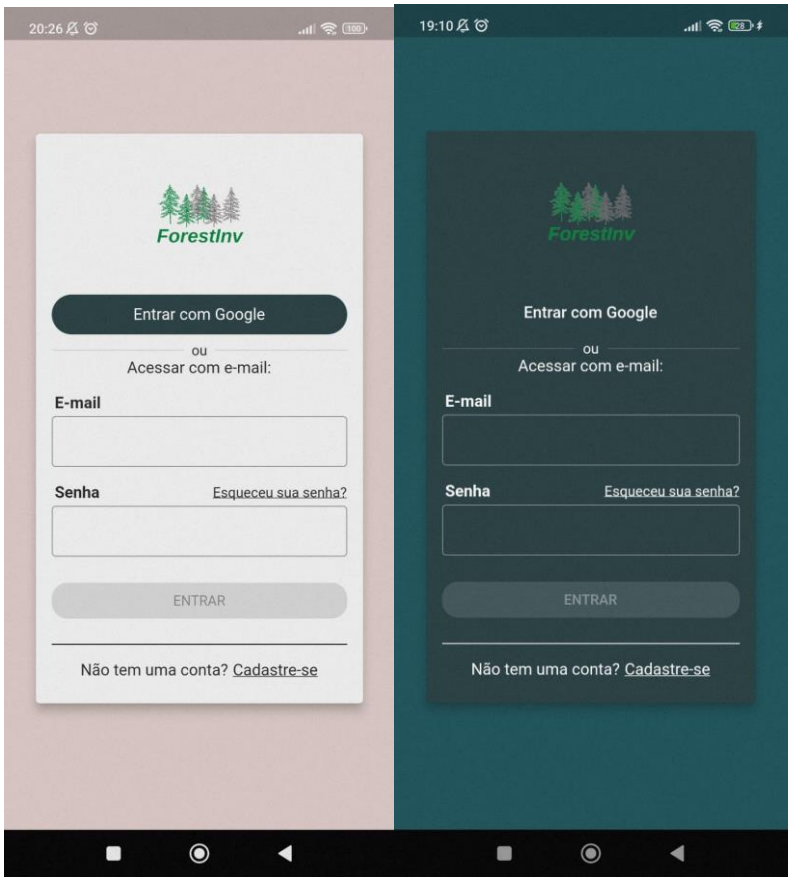
RNF09 - Acessos Simultâneos: O sistema deve ser acessado por, no máximo, 100.000 pessoas simultaneamente, por limitação do banco de dados, utilizado gratuitamente. Caso haja necessidade de maior quantidade de acessos, é necessária a obtenção de algum plano pago.

APÊNDICE D – TELAS DO APLICATIVO

Tela de login

A tela de login da Figura 44 mostra que é necessário utilizar um e-mail e senha válidos ou entrar com o Google para autenticação do usuário no aplicativo.

Figura 44 Tela de login

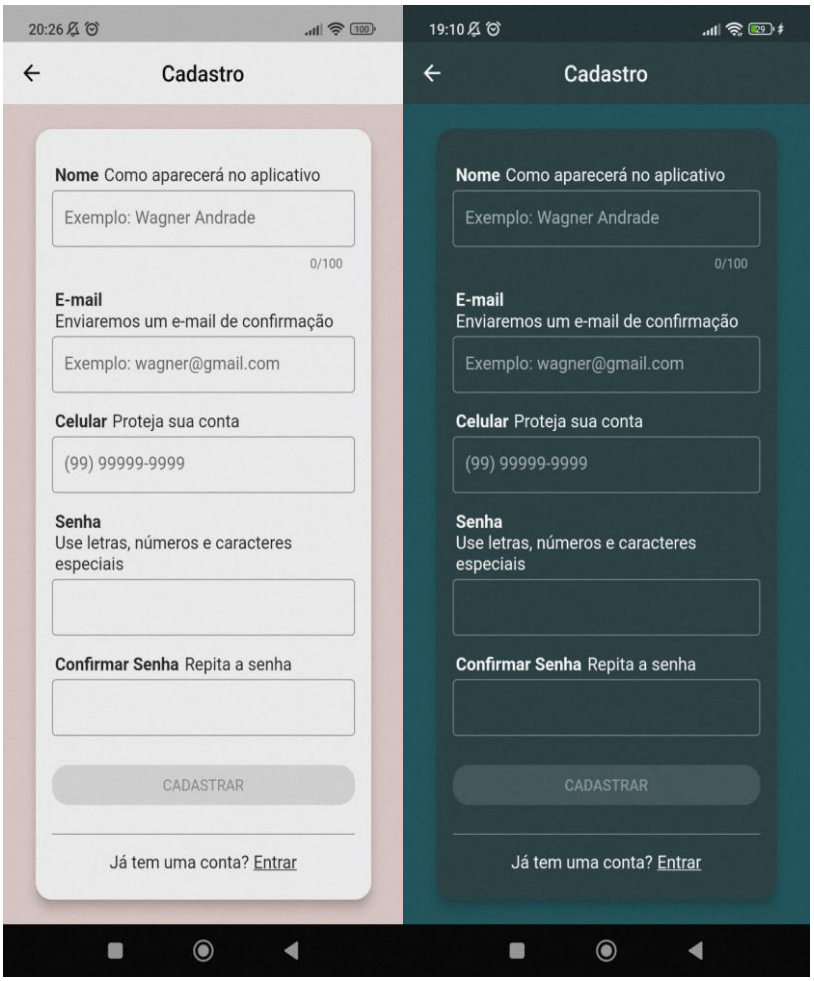


Fonte: o autor

Tela de cadastrar usuários

Na Figura 45 pode-se observar a tela de cadastro de usuários, onde alguns dados são solicitados. É importante notar que será enviado um e-mail de confirmação para o usuário pode ativar sua conta no aplicativo.

Figura 45 Tela de cadastrar usuários

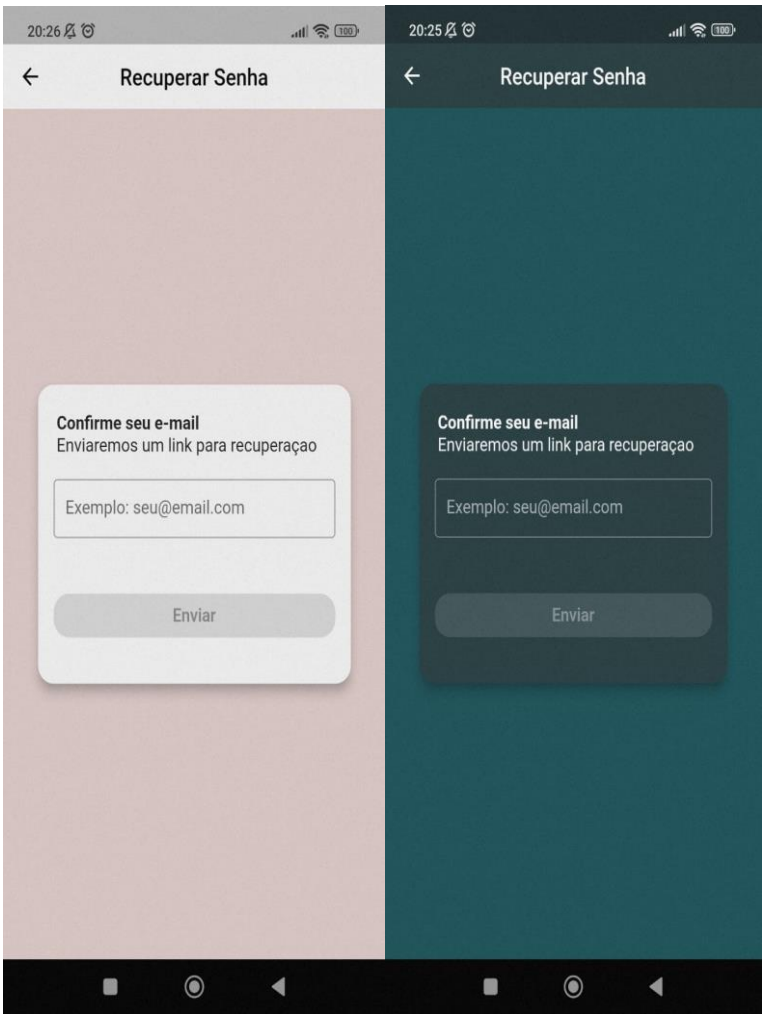


Fonte: o autor

Tela de recuperar senha

Na Figura 46 observa-se a tela de recuperação de senha, onde é necessário informar um e-mail válido. Após informar o e-mail, um link é enviado, onde é possível fazer a alteração de senha.

Figura 46 Tela de recuperar senha

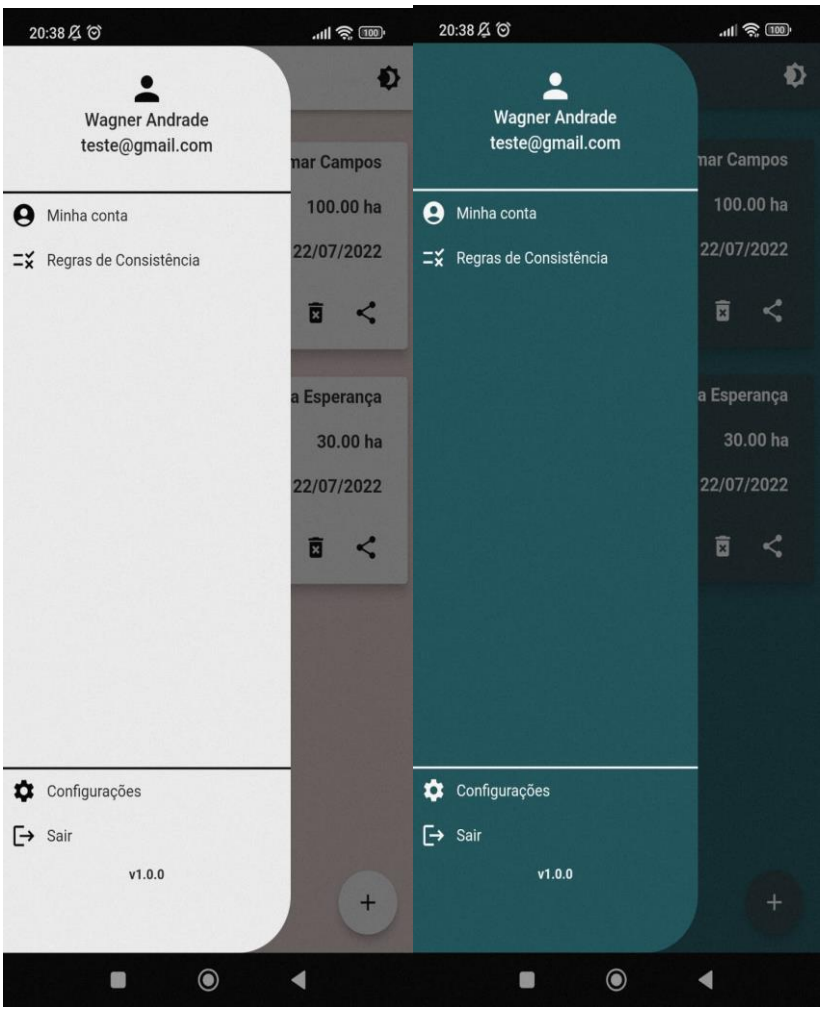


Fonte: o autor

Tela do menu do aplicativo

Na Figura 47 o menu do aplicativo é apresentado com três opções no formato *drawer*, podendo o usuário acessar a conta, as regras de consistência, configurações e sair do aplicativo.

Figura 47 Tela do menu do aplicativo

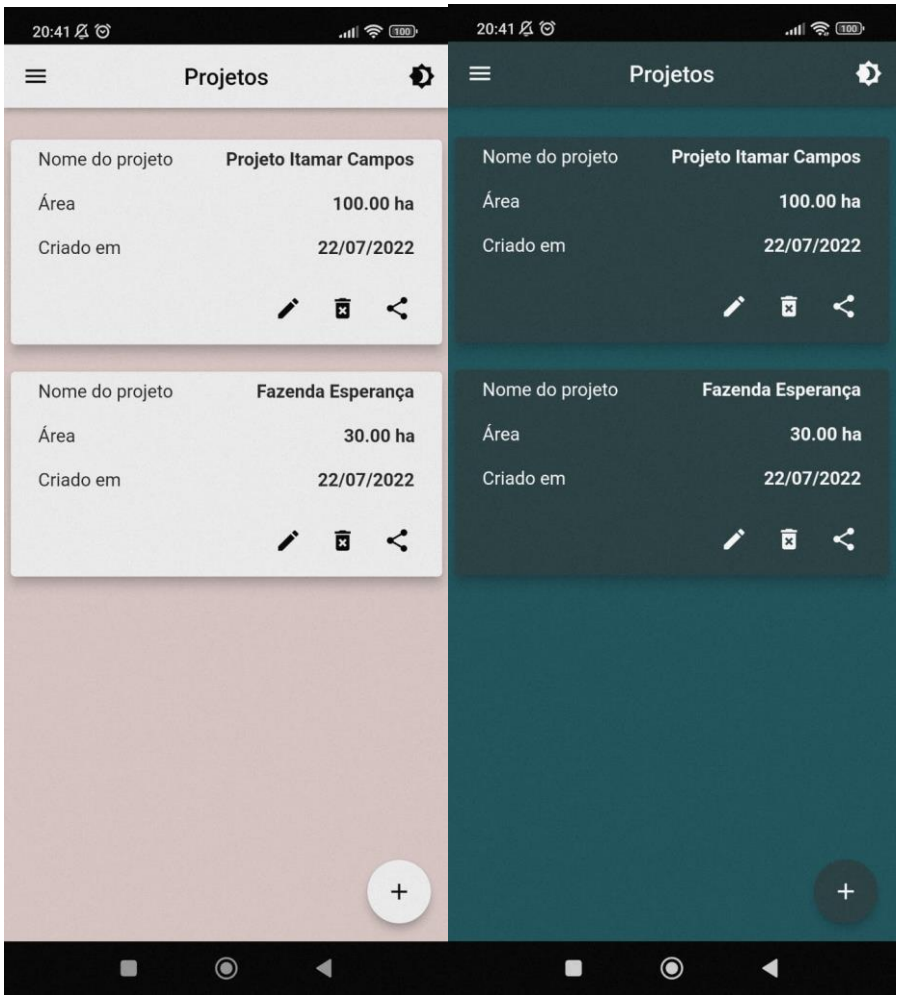


Fonte: o autor

Tela de listagem de projetos

Na Figura 48 observa-se a tela principal do aplicativo, onde contém a listagem de projetos. Além disso, no canto superior direito, é possível alterar o tema do aplicativo entre *Dark* e *Light.* Dessa forma, flexibiliza para o usuário pode escolher durante o uso qual tema se adequa melhor ao ambiente.

Figura 48 Tela de listagem de projetos.

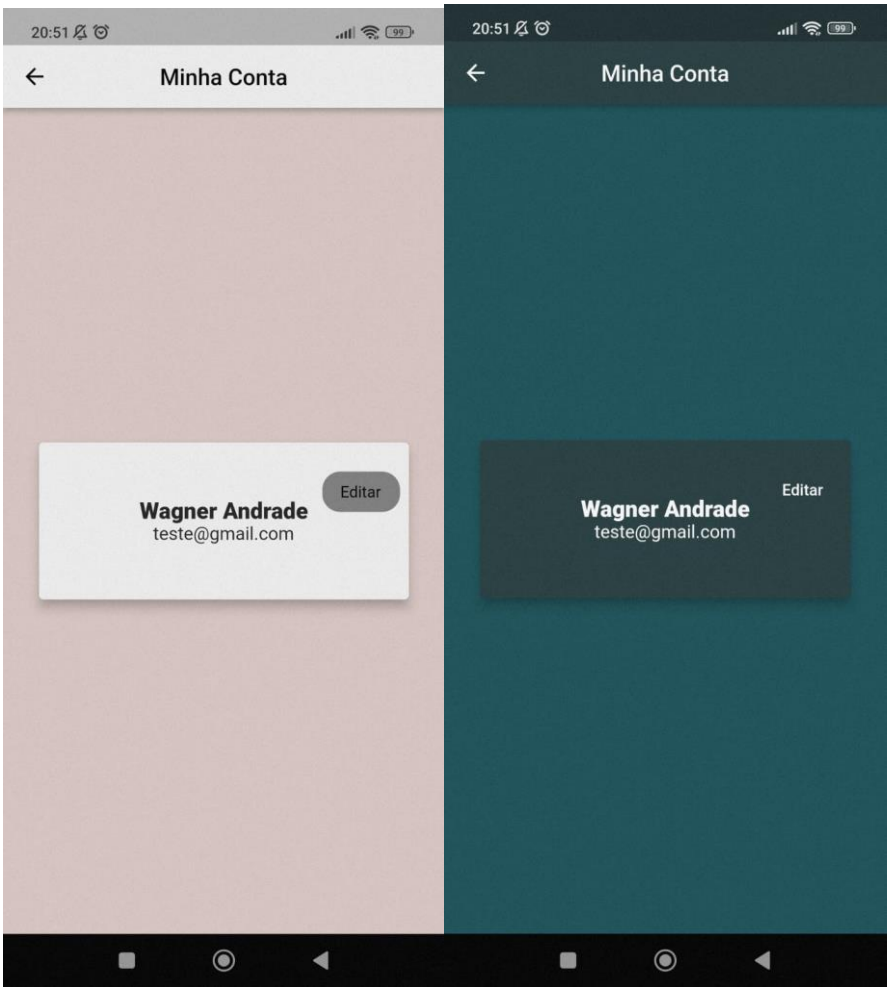


Fonte: o autor

Tela minha conta.

Na Figura 49 tem-se a tela de minha conta, exibindo algumas informações do usuário como nome e e-mail e possui um botão que permite editar a conta.

Figura 49 Tela minha conta.

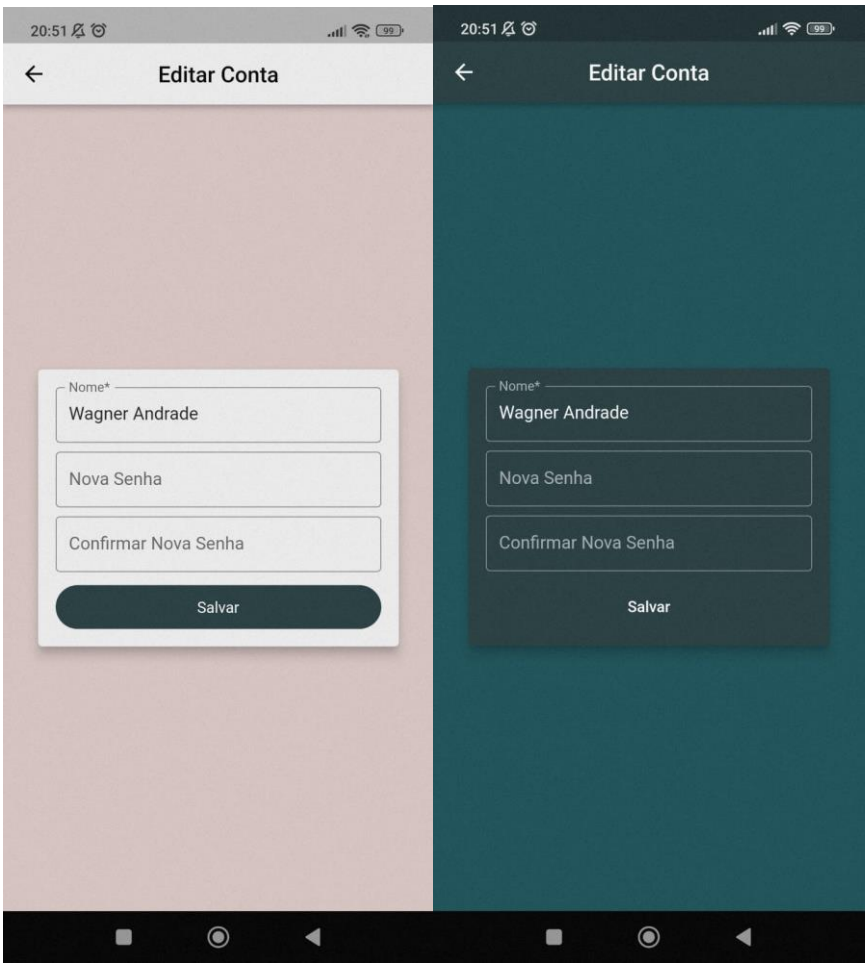


Fonte: o autor

Tela de editar conta

Figura 50 tem-se a tela de editar minha conta, onde é possível alterar o nome e/ou a senha do usuário. Nesta tela é possível alterar o nome sem precisar alterar a senha, mas não permite alterar a senha sem informar o nome do usuário.

Figura 50 Tela de editar conta

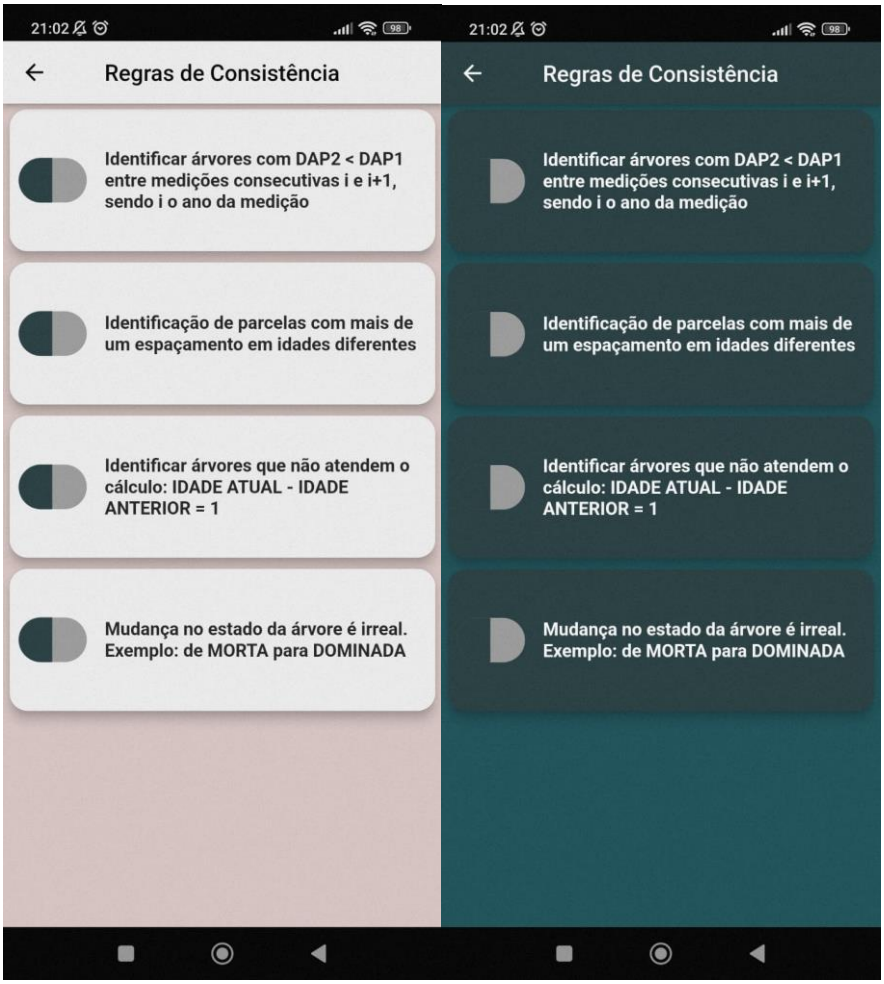


Fonte: o autor

Tela de configuração de regras de consistência

Na Figura 51 tem-se a tela de regras de consistência. O usuário pode escolher desativar alguma regra ou todas, dependendo da sua necessidade.

Figura 51 Tela de configuração de regras de consistência

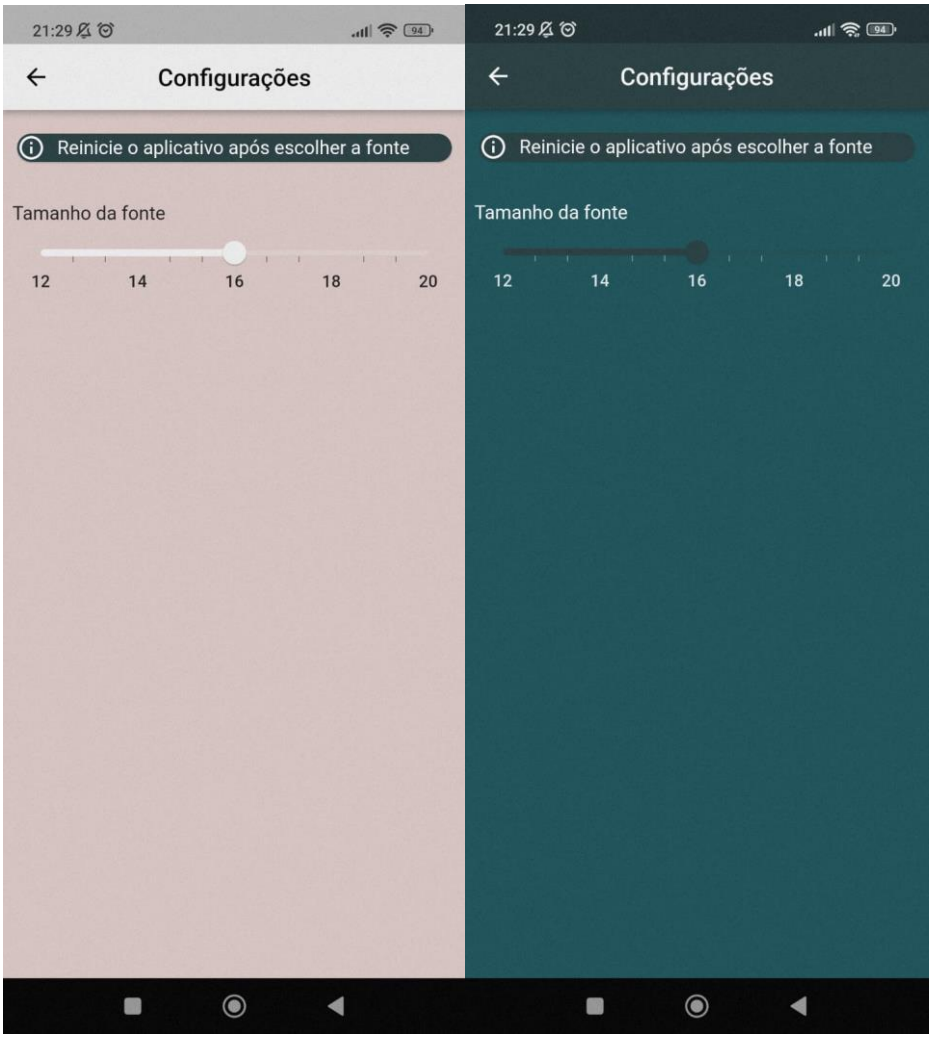


Fonte: o autor

Tela de configuração do tamanho da fonte

Na Figura 52 observa-se a tela de configuração que permite ajustar o tamanho da fonte no aplicativo. Com isso, é possível regular tanto as fontes dos cards contidos nas listagens e nas telas de cadastros, permitindo uma maior flexibilidade e usabilidade para o usuário no momento da medição.

Figura 52 Tela de configuração do tamanho da fonte

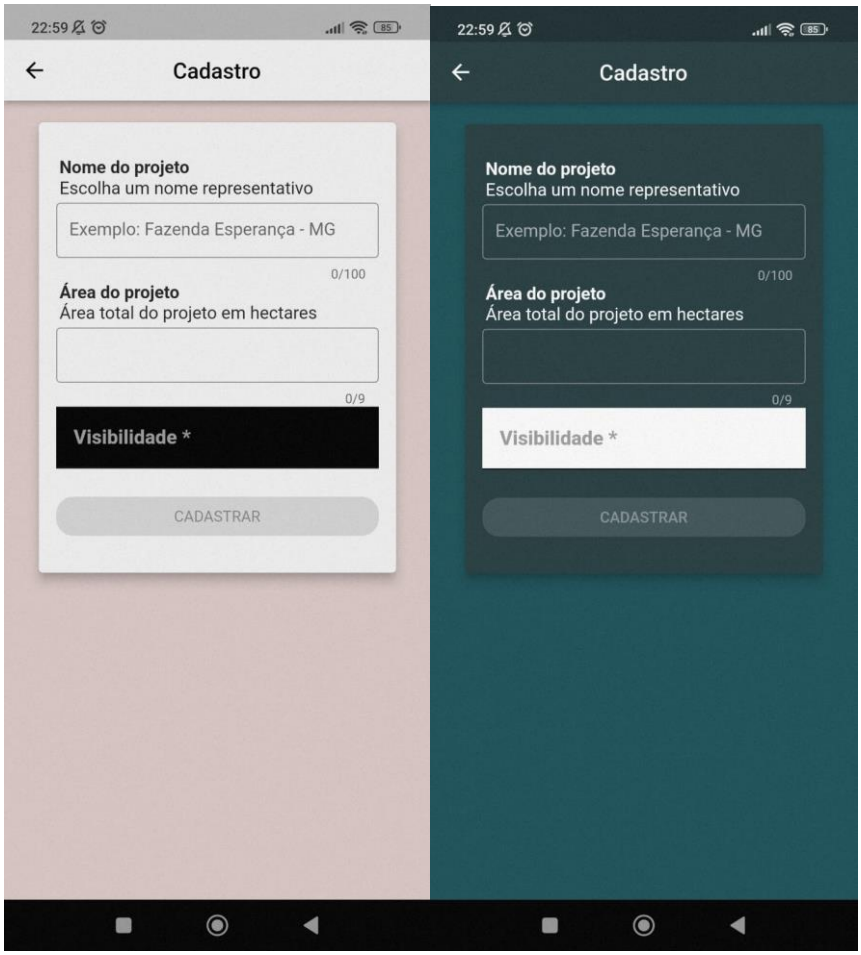


Fonte: o autor

Tela de cadastrar projeto

Na Figura 53 tem-se a tela de cadastrar projeto, onde é solicitado o nome do projeto, área total inventariada e visibilidade do projeto.

Figura 53 Tela de cadastrar projeto

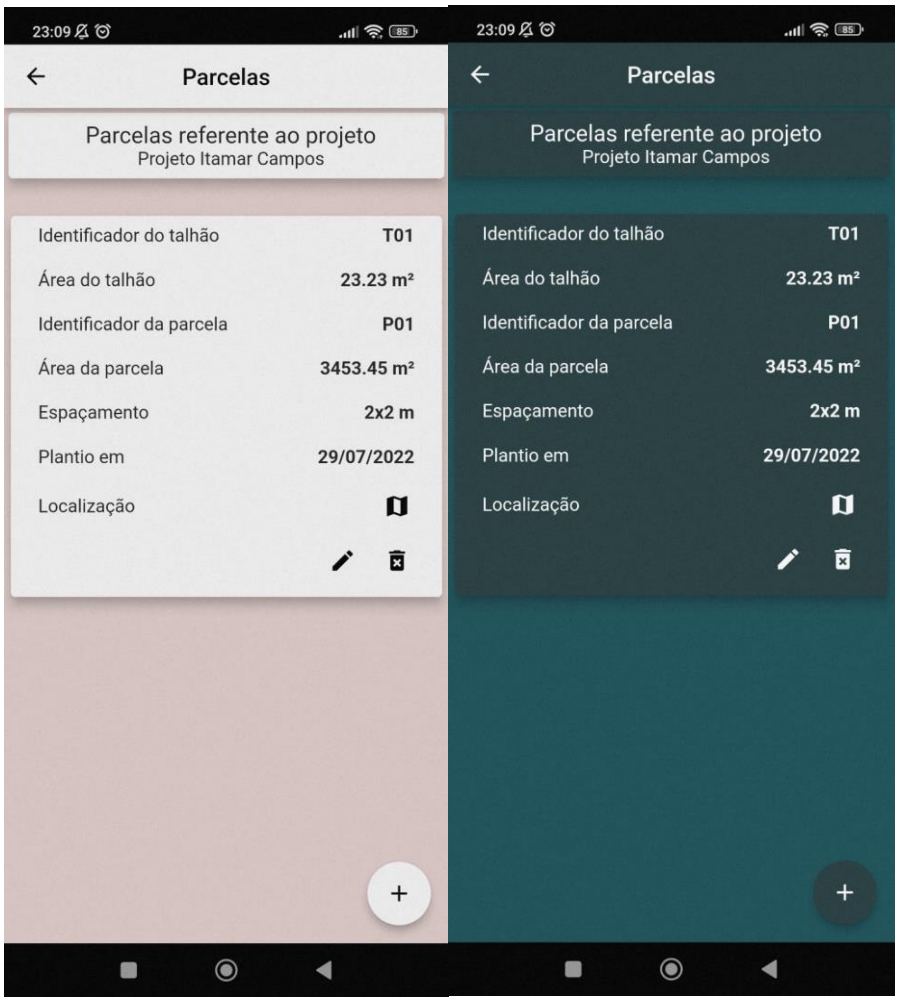


Fonte: o autor

Tela de listagem de parcelas.

Na Figura 54 tem-se a tela de listagem de parcelas que exibe algumas informações como identificador da parcela, número do talhão, área, espaçamento, data de plantio e localização.

Figura 54 Tela de listagem de parcelas

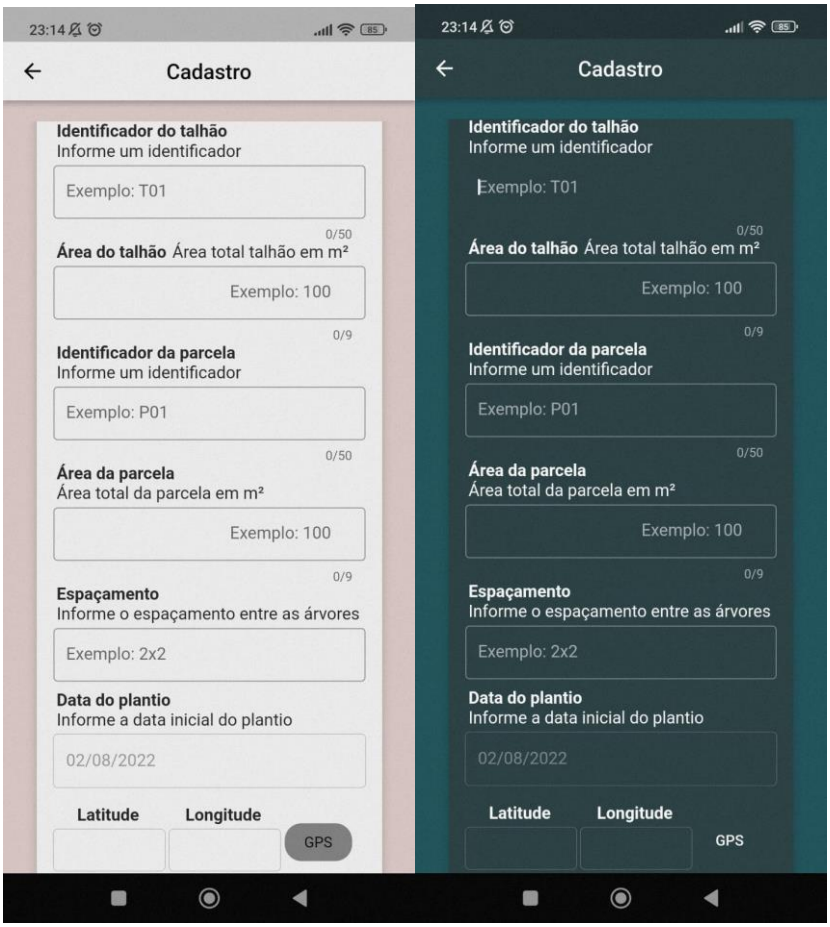


Fonte: o autor

Tela de cadastrar parcela.

Na Figura 55 tem-se a tela de cadastrar parcela que contém algumas regras de validação de consistência, como: validar se possui alguma parcela com espaçamento diferente com outra idade; validar se a idade atual da parcela menos a anterior é igual a um.

Figura 55 Tela de cadastrar parcela

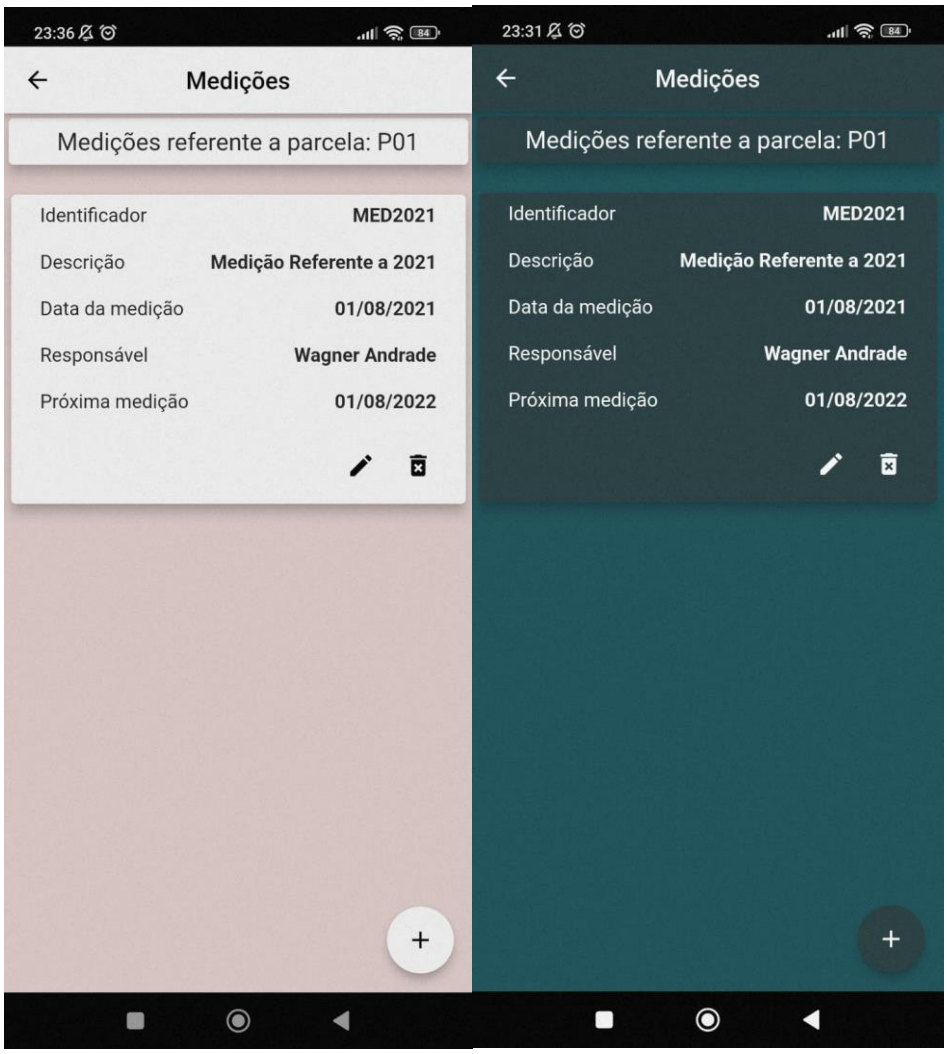


Fonte: o autor

Tela de listagem de medições

Na Figura 56 tem-se uma listagem de medições exibindo o identificador da medição, a descrição, o nome do responsável pela medição, a data em que ocorreu a medição e a data sugerida da próxima medição.

Figura 56 Tela de listagem de medições.

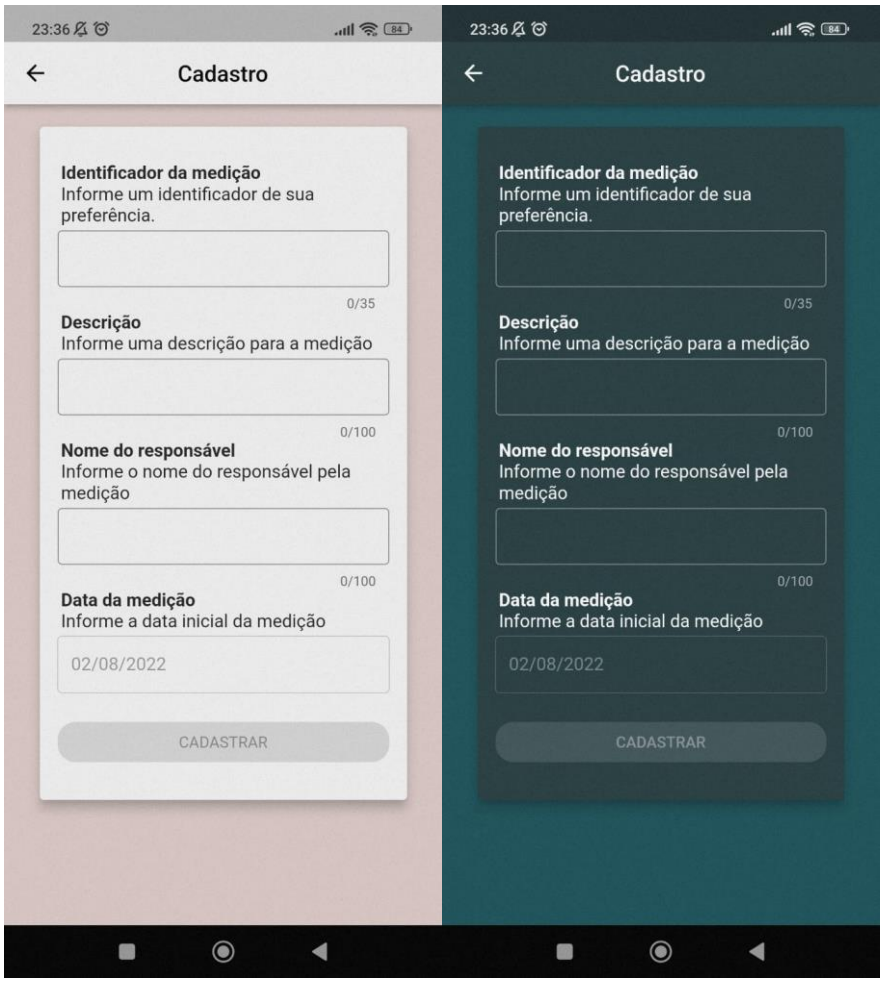


Fonte: o autor

Tela de cadastrar medição.

Na Figura 57 tem-se a tela de cadastro de medição que contém apenas regras de validação de campos de entrada. Sendo obrigatório informar o identificador da medição e nome do responsável.

Figura 57 Tela de cadastrar medição

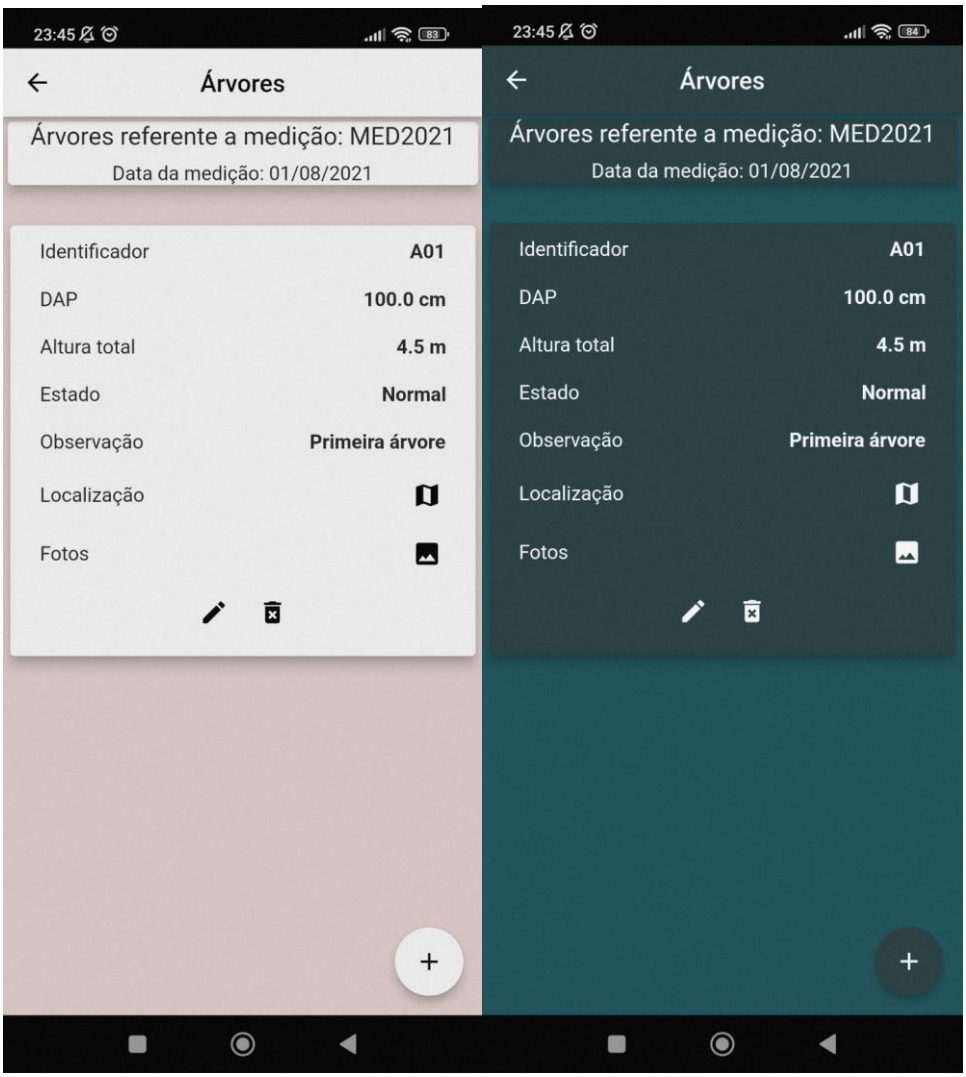


Fonte: o autor

Tela de listagem de árvores.

Na Figura 58 tem-se a listagem de árvores com algumas informações relevantes no cards, como o dap, altura total, estado, observação, identificador da árvore e localização.

Figura 58 Tela de listagem de árvores.

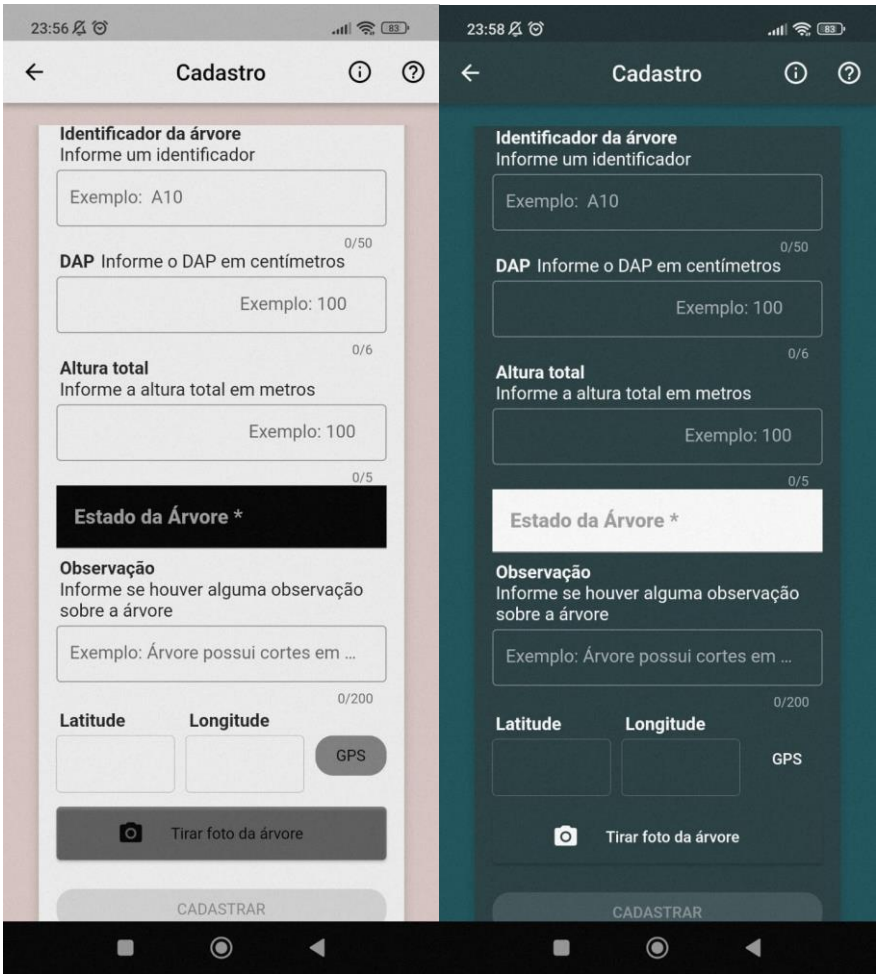


Fonte: o autor

Tela de cadastrar árvores.

Na Figura 59 tem-se a tela de cadastro de árvore, onde possui algumas regras de consistência, como: validar se dap e altura são iguais a zero; validar se o estado da árvore e um estado válido de acordo com o fluxograma de estados e se o dap atual não é menor que o dap anterior.

Figura 59 Tela de cadastrar árvores

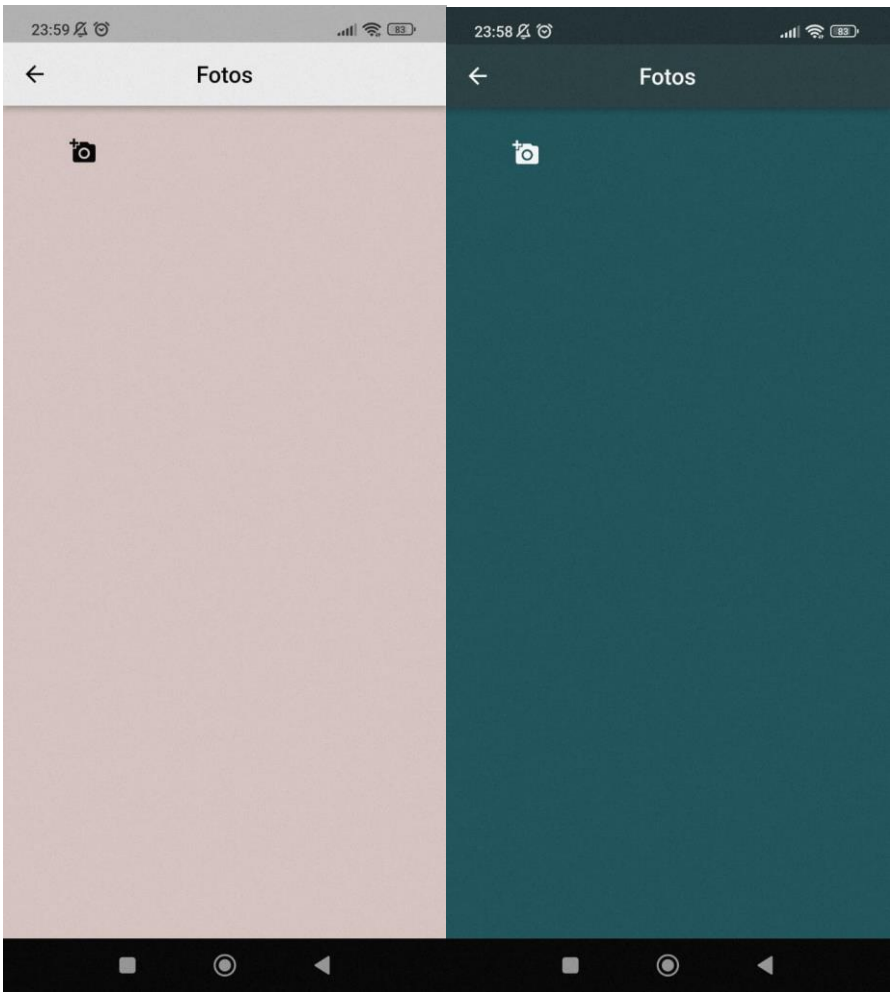


Fonte: o autor

Tela de tirar foto da árvore.

Na Figura 60 tem-se a tela de tirar fotos da árvore ao cadastrar uma nova ou ao editar. Com essa funcionalidade, é possível comprar o estado fitossanitário dela em diferentes medições.

Figura 60 Tela de tirar foto da árvore

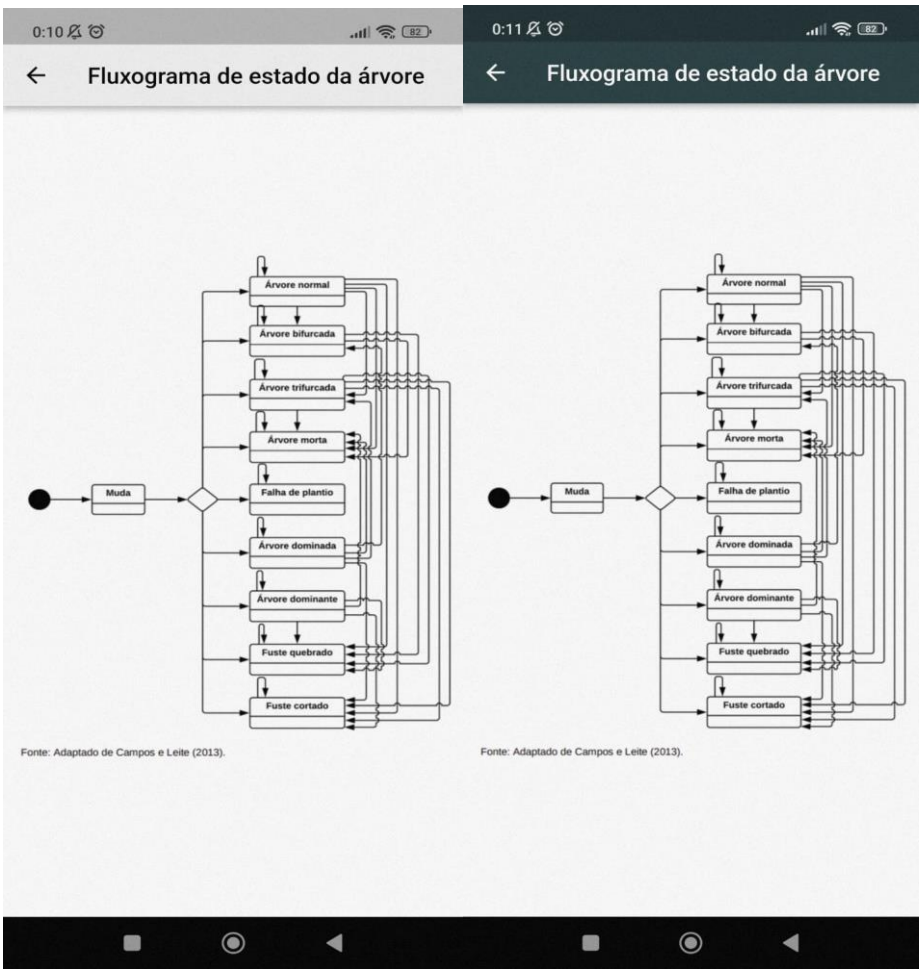


Fonte: o autor

Tela de fluxograma de estados da árvore

Na Figura 61 pode-se observar a tela de fluxograma de estados de uma árvore. Esta tela é aberta quando o usuário clica no ícone (?) no canto superior direito da tela de cadastrar árvore, com podemos ver na Figura 45. Com isso, permite visualizar os estados que a árvore pode assumir, com a intenção de auxiliar o entendimento dos estados devido a regra que os válida.

Figura 61 Tela de fluxograma de estados da árvore.

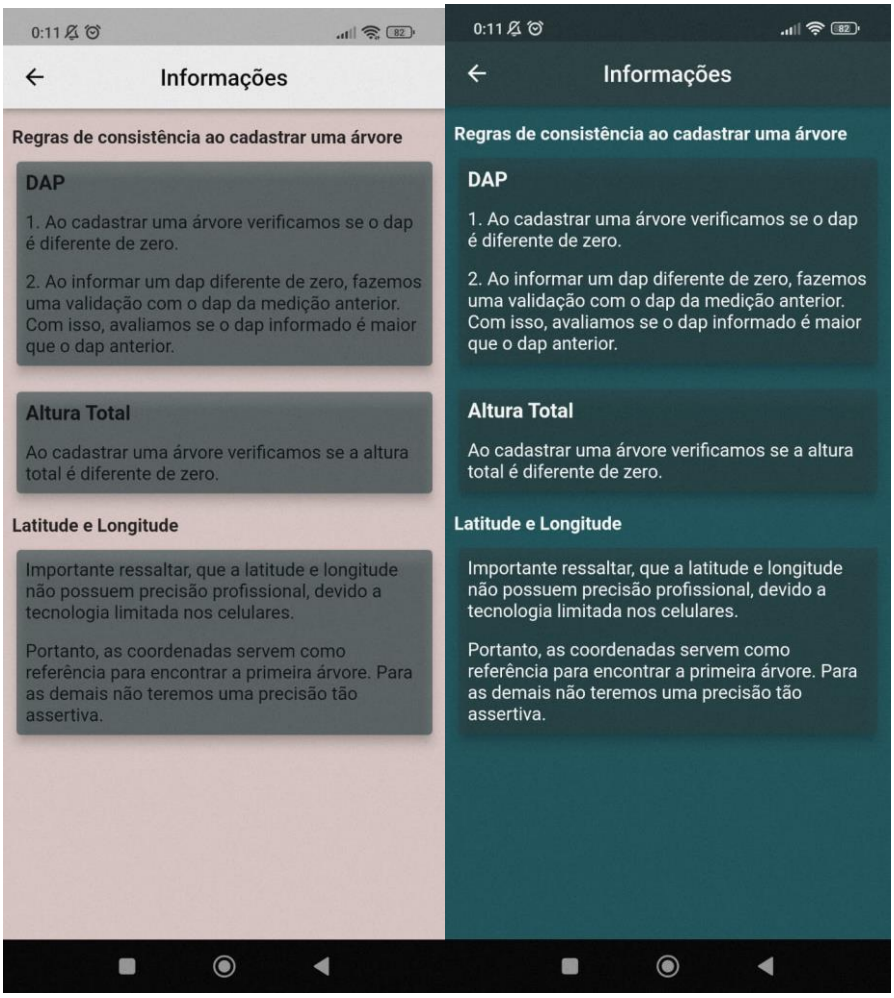


Fonte: o autor

Tela com informações importantes ao cadastrar uma árvore.

Na Figura 62 pode-se observar a tela com informações sobre as regras de consistência e a importância de se registrar as coordenadas geográficas. Esta tela é aberta quando o usuário clica no ícone (i) no canto superior direito da tela de cadastrar árvore, com podemos ver na Figura 29.

Figura 62 Tela com informações importantes ao cadastrar uma árvore.

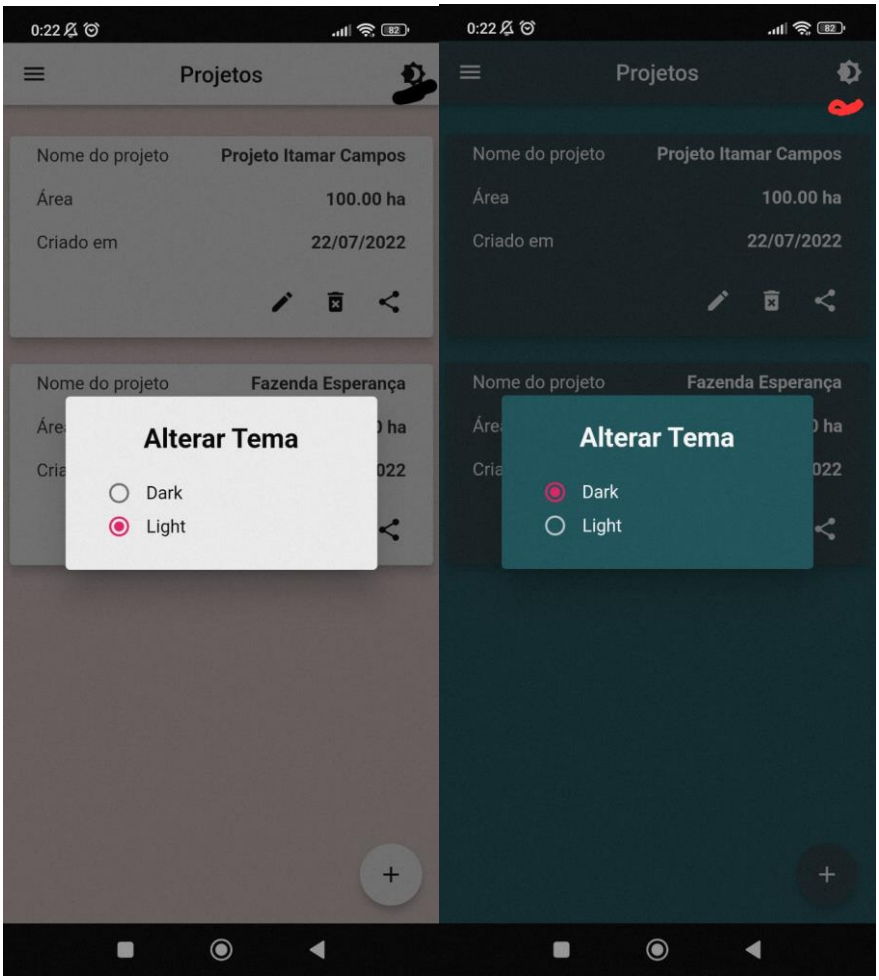


Fonte: o autor

Diálogo de alteração de tema do aplicativo

Na Figura 63 tem-se um *dialog,* ou diálogo, que permite ao usuário alterar o tema do aplicativo entre *Dark* e *Light*. Ao clicar no ícone no canto superior direito em destaque na imagem, o *dialog* é aberto e ao selecionar uma das opções, o tema é aplicado em todo o aplicativo.

Figura 63 Dialog de alteração de tema do aplicativo.



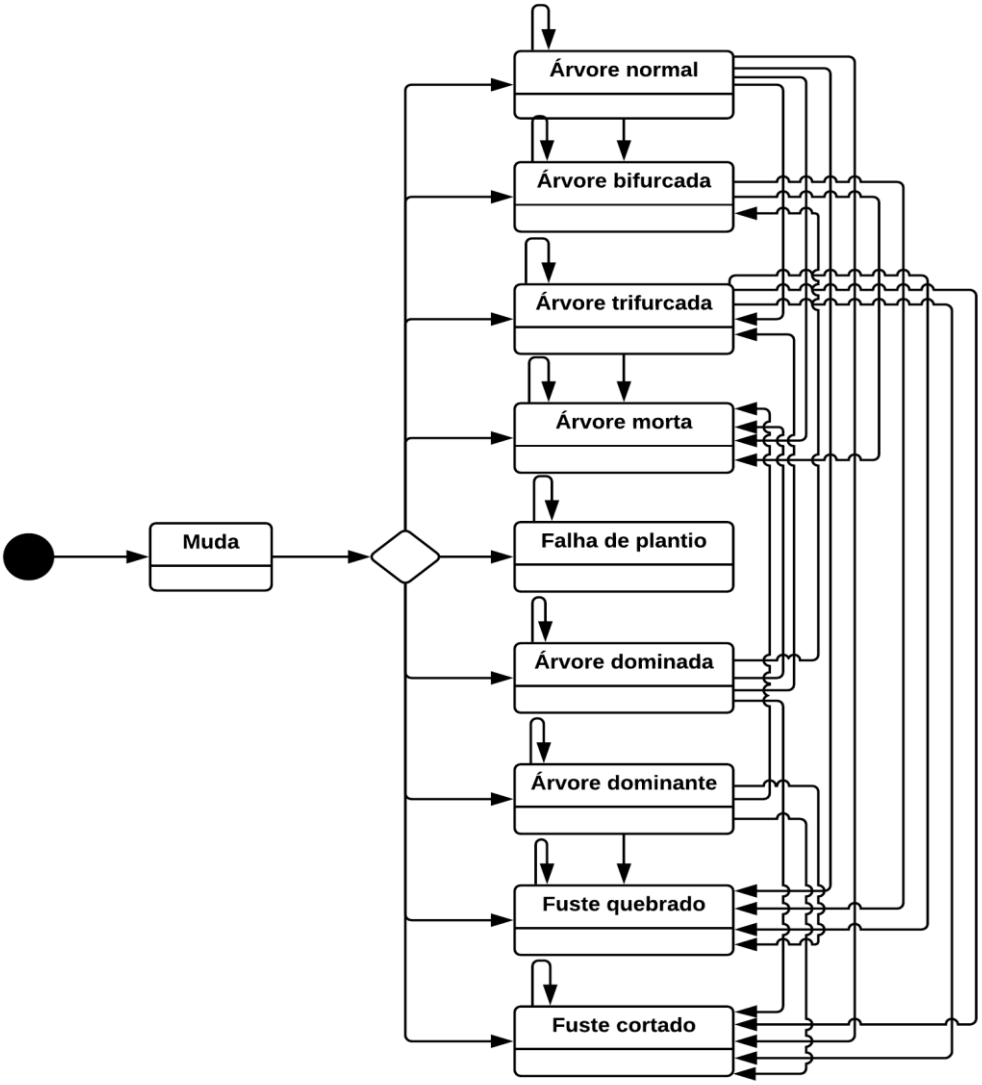
Fonte: o autor

ANEXO A – ESTADOS ASSOCIADOS A COVAS, ÁRVORES E FUSTES

Durante a coleta de dados, informar o estado da árvore é importante para a consistência dos dados. Pois é possível a árvore sair de um estado normal e ir para o estado morta, como mostrado na figura, portanto se torna dispensável informar a medição dessa árvore, uma vez que qualquer procedimento com este dado, será fora da realidade do campo.

Por este motivo, validações também serão feitas baseadas nos estados que as árvores podem assumir.

Figura 26 Estados das árvores plantadas.



Fonte: Adaptado de Campos e Leite (2013)