

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
Campus Ibirubá**

**ASPERGIO: DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* PARA O ENSINO DO
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL
(Trabalho de Conclusão de Curso)**

MARIA CLARA PIERI DE QUADROS SANDRI

Ibirubá, janeiro de 2025

MARIA CLARA PIERI DE QUADROS SANDRI

**ASPERGIO: DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* PARA O ENSINO DO
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL**

(Trabalho de Conclusão de Curso)

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Jardel Henrique Kirchner

Ibirubá, janeiro de 2025.

MARIA CLARA PIERI DE QUADROS SANDRI

**ASPERGIO: DESENVOLVIMENTO DE UM *SOFTWARE* PARA O ENSINO DO
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO
CONVENCIONAL**

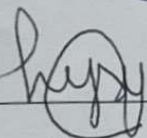
Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Jardel Henrique Kirchner

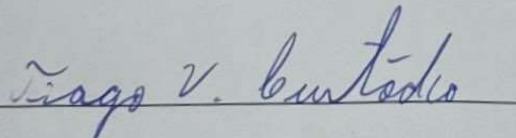
Aprovado em 14 de janeiro, 2025.



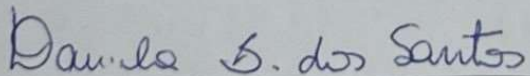
Prof. Jardel Henrique Kirchner – Orientador



Prof. Lisiane César de Oliveira



Prof. Tiago Vega Custódio



Prof. Daniela Batista dos Santos – Coordenadora do
Curso de Agronomia do IFRS – Campus Ibirubá

***“What will I leave behind me?
Where will I choose to go?”
(River Road - Zayn)***

RESUMO

Irrigação é uma técnica agrícola utilizada para fornecer água às culturas, seja em sistemas de cultivo protegido ou em situações em que as chuvas são insuficientes para atender à necessidade hídrica das plantas. Na irrigação por aspersão, a água é pulverizada em pequenas gotas, simulando a ocorrência de chuvas. Dentro desse método, destaca-se o sistema de aspersão convencional, que distribui a água de forma uniforme e planejada sobre uma área específica. Um sistema de irrigação por aspersão convencional pode ser implantado com o objetivo de aumentar a produção de alimentos de forma sustentável, e quando corretamente dimensionado, sem causar danos ao meio ambiente. De modo geral, durante o desenvolvimento de um projeto para sistemas de irrigação, o profissional responsável deve levar em consideração inúmeras variáveis, além de precisar de amplo entendimento sobre as relações solo-planta-água-atmosfera. Com o objetivo de facilitar o processo de dimensionamento e auxiliar no aprendizado de alunos da Agronomia, este trabalho visa o desenvolvimento de um software que execute e demonstre o dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão convencional. A metodologia utilizada nos cálculos de dimensionamento provém do “Manual da Irrigação”. O software foi desenvolvido usando a metodologia em cascata a partir de um protótipo criado no site *Figma* usando a linguagem PHP, *framework CodeIgniter* e banco de dados *MySQL*. Ao fim, obteve-se um *software* web que realiza todo o dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional e demonstra o passo a passo de todos os cálculos utilizando variáveis inseridas pelo usuário, permitindo que o discente aprenda todas as etapas do sistema e facilitando a assimilação do conteúdo e apropriação de conhecimentos em função da interatividade do *software*. Além disso, para terminar o dimensionamento, o *software* também apresenta uma lista dos materiais necessários para a montagem do sistema de irrigação.

Palavras-chave: Site. Tecnologia. Educação. Projeto. Hidráulica agrícola.

ABSTRACT

Irrigation is an agricultural technique used to supply water to crops, either in protected cultivation systems or in situations where rainfall is insufficient to meet the plants' water needs. In sprinkler irrigation, water is sprayed in small drops, simulating rainfall. This method includes the conventional sprinkler system, which distributes water in a uniform and planned manner over a specific area. A conventional sprinkler irrigation system can be implemented with the aim of increasing food production in a sustainable way, and when correctly sized, without causing damage to the environment. In general, when developing a project for irrigation systems, the professional responsible must take into account numerous variables, as well as needing a broad understanding of soil-plant-water-atmosphere relations. With the aim of facilitating the sizing process and helping Agronomy students learn, this work aims to develop software that executes and demonstrates the sizing of a conventional sprinkler irrigation system. The methodology used in the sizing calculations comes from the "Irrigation Manual". The software was developed using the cascade methodology from a prototype created on the Figma website using the PHP language, CodeIgniter framework and MySQL database. In the end, we obtained web software that performs all the sizing of conventional sprinkler irrigation systems and demonstrates step-by-step all the calculations using variables entered by the user, allowing the student to learn all the stages of the system and facilitating assimilation of the content and appropriation of knowledge due to the interactivity of the software. In addition, to complete the sizing, the software also provides a list of the materials needed to assemble the irrigation system.

Key words: Site. Technology. Education. Project. Agricultural hydraulics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 DESENVOLVIMENTO.....	10
2.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	16
2.2.1 Dimensionamento do sistema.....	16
2.2.2 Desenvolvimento do <i>software</i>	23
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Irrigação é a prática agrícola de fornecimento de água a determinadas culturas quando o cultivo é feito em ambiente protegido ou quando as precipitações não são suficientes para suprir a necessidade hídrica das plantas. Ela é dividida em quatro métodos: localizada, superfície, sub superfície e aspersão. A aspersão consiste na divisão de jatos de água em pequenas gotas, simulando as precipitações (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Dentro do método de irrigação por aspersão, existe o sistema de aspersão convencional, que aplica a água de maneira uniforme e calculada sobre determinada área. Algumas vantagens desse sistema são a não-exigência de um processo de sistematização do terreno, a disponibilidade de maior área cultivável, e o fato de não possuir restrição quanto ao horário de aplicação e não causar problemas de erosão do solo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

A escolha do sistema de irrigação deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto. Um sistema de irrigação por aspersão convencional pode ser implementado com o propósito de aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável e, quando adequadamente projetado, sem prejudicar o meio ambiente. Em geral, o desenvolvimento de um projeto desse tipo exige que o profissional responsável considere diversas variáveis e possua um conhecimento aprofundado sobre as interações entre solo, planta, água e atmosfera.

O dimensionamento de projetos de irrigação é uma tarefa que despende tempo e requer atenção aos detalhes e quando mal executado, pode gerar diversos problemas como erosão do solo, danos à cultura implantada, desperdício de água, incapacidade de atender à demanda hídrica da cultura e aumento do consumo de energia, além de diminuir a sustentabilidade e a eficiência do sistema (BAYABIL *et al.*, 2022). A responsabilidade do dimensionamento recai sobre o Engenheiro Agrônomo que deve ser capaz de relacionar todas as variáveis de solo, área, sistema e cultura para arquitetar um sistema de irrigação que se adeque à área que se deseja irrigar.

A informatização tem revolucionado o processo de aprendizado, oferecendo aos alunos ferramentas interativas e personalizadas que tornam os conteúdos mais acessíveis e interessantes. Plataformas digitais e softwares educacionais permitem a apresentação de informações em formatos variados e com interpretações diferentes do que se está acostumado

em sala de aula, facilitando a compreensão de conceitos complexos e abstratos (MONTICELLI *et al.*, 2022). Essa abordagem não apenas reforça a fixação do conhecimento, mas também estimula a autonomia e o interesse contínuo pelo aprendizado.

Levando em consideração todos os fatores necessários para o dimensionamento correto de um sistema de irrigação, a dificuldade dos estudantes no entendimento dos cálculos, e a notável importância e demanda de profissionais qualificados na área de irrigação, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um *software* que, com base em elementos variáveis, execute e demonstre o dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão convencional e exiba uma lista dos materiais necessários para a implantação do sistema, podendo servir como ferramenta de ensino na disciplina de Irrigação e Drenagem.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo a mais recente projeção de crescimento populacional publicada pela ONU, a população global deve chegar à 9,7 bilhões de pessoas até o ano de 2050 (PUBLICATION, 2022). Com esse aumento, a demanda por alimento também se intensificará. Assim sendo, será necessária a ampliação sustentável e eficiente da produção agrícola mundial. Na perspectiva atual, a preocupação com sustentabilidade no âmbito do desenvolvimento da agricultura, está centrada em tecnologias e práticas que: não tenham efeitos adversos ao meio ambiente; sejam acessíveis e efetivas para os agricultores; levem ao aumento na produção de alimentos (PRETTY, 2007).

De acordo com Rosa *et al.* (2018), a solução mais promissora para o aumento da produção sustentável é a oportunidade de melhorar o rendimento de colheita em solos que já são usadas para cultivo, promovendo o uso eficiente dos insumos adicionados e contribuindo para a prevenção da expansão agrícola para áreas de ecossistemas com grande biodiversidade. Em suma, essa abordagem implica em diminuir a diferença entre o potencial produtivo e a produção alcançada atualmente.

Não há um único caminho que leve à agricultura sustentável. Existem várias configurações de tecnologias, insumos e manejos que podem ser implantadas com o mesmo

objetivo. No entanto, a sustentabilidade deve ser pensada de acordo com as circunstâncias de cada sistema agrícola (PRETTY, 2007).

No estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, as quantidades relativas de precipitação pluvial, sua distribuição temporal e as intensidades individuais de cada chuva são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população e a economia, tendo influência principalmente, na atividade agrícola e no rendimento das colheitas (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008). Sendo assim, a implementação de sistemas de irrigação se apresenta como solução e complementa as precipitações, com o propósito de atender à necessidade hídrica e aumentar o potencial produtivo das culturas.

O cultivo em sequeiro depende exclusivamente da água das chuvas, tornando-se mais vulnerável às variações climáticas, o que pode impactar diretamente a produtividade e a regularidade da colheita. Nessa circunstância, a irrigação aumenta a produtividade, reduz os riscos climáticos e possibilita o cultivo em regiões de baixa precipitação ou em períodos de estiagem. Diversas espécies se beneficiam da utilização de irrigação, desde culturas anuais e pastagens até frutíferas e hortaliças, sendo um dos aspectos mais importantes da produção irrigada o fato de que os efeitos positivos muitas vezes advêm não da quantidade de água fornecida à planta, mas da distribuição ao longo do ciclo fenológico da cultura (CAI; YOU, 2023).

A irrigação é dividida em métodos - localizada, superfície, sub superfície e aspersão – que nos apresentam o modo como será arquitetado o projeto (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008). Cada método se constitui de sistemas, que são definidos como os equipamentos, os acessórios, e o manejo, que de forma organizada virão a realizar o ato de irrigar as culturas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008). Hernandez (2022) define sistemas como um conjunto de elementos que se integram e que atuam juntos para o objetivo geral do todo.

A irrigação localizada pode ser feita por gotejamento e microaspersão; de superfície por inundação, sulcos ou faixas; a aspersão pode ser dividida em convencional (fixo, fixo-portátil ou fixo-permanente) e mecanizada (pivô central ou autopropelido); e a de subsuperfície pode ser via gotejamento subsuperficial ou elevação do lençol freático. Os sistemas mais utilizados são irrigação por aspersão mecanizada (pivô central), irrigação por sulcos e irrigação localizada (gotejamento superficial e microaspersão) (KUNZ; AVILA; PETRY, 2014).

A escolha do sistema de irrigação deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto, por meio de análise detalhada e cuidadosa de fatores físicos, agrônômicos e econômicos, levando em consideração as vantagens e desvantagens de diferentes sistemas e os principais fatores que devem ser considerados durante o processo de seleção, tendo em vista o que melhor possui desempenho técnico e econômico para uma dada condição (MAROUELLI & SILVA, 1998).

Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009 apud ALVES et al., 2017), a irrigação por aspersão é responsável pela maior parte das áreas irrigadas no Brasil. Esse método consiste na divisão de um ou mais jatos de água em uma grande quantidade de pequenas gotas no ar, que caem sobre o solo na forma de uma chuva artificial (BISCARO, 2009). Dados do ano de 2019 nos mostram que a área irrigada por aspersão convencional no Brasil foi de 31 mil hectares, enquanto no ano de 2020 foram mais de 37.200 hectares irrigados, apresentando assim um aumento de cerca de 20% de um ano para o outro (O PRESENTE..., 2021).

O objetivo da irrigação por aspersão convencional é simular a precipitação, aplicando a água de maneira uniforme e calculada sobre determinada área (GARCIA, 2003). Com a ajuda de um sistema de bombeamento, a água flui por meio de um conjunto de tubos e gera a pressão necessária para ativar o aspersor (BISCARO, 2009). De modo geral esse sistema é constituído por uma linha adutora, uma motobomba, uma linha principal, linhas laterais e os aspersores (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2008).

A irrigação por aspersão convencional tem como vantagem maior eficiência de aplicação de água comparada aos métodos por superfície; a velocidade do vento e a pressão de serviço dos emissores são fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água, sendo assim uma desvantagem desse sistema (PAULINO *et al.*, 2009). Biscaro (2009) aponta como vantagens a não-exigência de um processo de sistematização do terreno, a disponibilidade de maior área cultivável, e o fato de não possuir restrição quanto ao horário de aplicação e não causar problemas de erosão do solo; como desvantagens o autor aponta o elevado custo inicial e a exigência de um sistema de motobomba com elevada potência (dependendo da área a ser irrigada).

Pinto *et al.* (2015) apontam que, para um bom planejamento de um sistema de aspersão, é necessário conhecer a distribuição e quantidade de água aplicada, bem como a taxa de aplicação. O autor destaca ainda, que um dos processos para avaliar o desempenho de um

sistema de irrigação por aspersão convencional é a uniformidade de distribuição de água, onde o índice de uniformidade é determinado por meio de um ensaio.

Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2008), para uma boa distribuição de um sistema de irrigação no campo, são considerados a localização da fonte de água - ressaltando a necessidade de ser feita uma outorga para que seja permitido o uso da água para irrigar- e o tamanho da área, devido à necessidade de subdividi-la caso for muito grande. Também é indicado dar preferência a áreas com formatos quadrados ou retangulares. Os autores complementam que, com relação às linhas laterais, leva-se em consideração alguns fatores como o vento e a declividade do local.

É preferível que as linhas laterais sejam instaladas de forma perpendicular ao vento e a maior declividade do terreno; as fileiras devem ser baseadas na direção da linha de plantio; e o comprimento será limitado pelas dimensões e pelo limite de perda de carga de 20% da pressão de serviço. Para as linhas principal e secundária é indicado que sejam instaladas na direção predominante da declividade e de modo que permitam a rotatividade das linhas laterais. Por fim, deve-se levar em consideração os diâmetros da linha lateral, que tem de ser dimensionados com um ou, no máximo, dois diâmetros distintos, e das linhas principal e secundárias que, no geral, são dimensionados com até quatro diâmetros distintos (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2008).

De acordo com Rodrigues e Domingues (2017), um dos fatores que afeta a utilização de áreas potencialmente irrigáveis é o acesso limitado ao conhecimento aplicado à irrigação. O sucesso de um projeto de irrigação não depende apenas da escolha adequada do sistema, mas também do seu correto dimensionamento e posterior manejo, além da administração racional da água durante o ciclo completo de desenvolvimento das plantas (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2008). Para mais, a agricultura irrigada, quando não é cuidadosamente planejada, pode levar a impactos ambientais irreversíveis (RODRIGUES; DOMINGUES, 2017).

A responsabilidade do dimensionamento de sistemas de irrigação recai sobre o engenheiro agrônomo. Esse profissional precisa de um entendimento extenso sobre a relação solo-água-planta-atmosfera, além de necessitar de vasta compreensão sobre a infraestrutura indicada, sua capacidade hídrica, a necessidade hídrica da cultura a ser irrigada e as relações de evapotranspiração a fim de quantificar corretamente todos os componentes do sistema (IRMAK; DJAMAN, 2015).

A agronomia abrange conteúdos diversos e interligados de modo que o estudante deve ser capaz de entender cada uma das componentes curriculares do curso no contexto geral da agricultura, com o objetivo de, ao fim do curso, estar qualificado para correlacionar todas as áreas do conhecimento necessárias.

As disciplinas que tratam da ciência do solo, da produção vegetal, da topografia e da mecanização agrícola acabam se dissociando do contexto e dos objetivos da disciplina de Irrigação e Drenagem, o que dificulta o completo aprendizado dos alunos devido ao caráter interdisciplinar desse tópico. Além disso, no ensino de física e matemática nas ciências agrárias, existem dificuldades que advêm da falta de correlação entre o conteúdo e a realidade profissional e da ausência de compreensão e assimilação de conceitos físicos (NUNES *et al*, 2022).

Existem alguns métodos didáticos que facilitam o aprendizado do aluno, dentre eles, a informatização do ensino é uma das possibilidades mais facilmente praticáveis dentro do contexto do ensino superior. É relevante que se destaque o fato de que um *software* educacional deve ser apropriado num contexto pedagógico, de aprendizado pré-definido, proporcionar autonomia, cooperação, criatividade, pensamento crítico, descoberta e construção do conhecimento (ANDRES, s.d.).

O desenvolvimento de *software web* refere-se à criação de aplicações que são acessíveis através de navegadores de internet (DZHANGAROV; PAKHAEV; POTAPOVA, 2021). Esse processo envolve várias etapas, incluindo planejamento, design, programação, testes e manutenção (KAMATCHI; IYER; SINGH, 2013). Um *software web* proporciona algumas vantagens quando comparado a um *software* local, a principal delas é a portabilidade, o *software web* pode ser acessado de qualquer dispositivo desde que ele tenha acesso à internet não necessitando *download* e instalação como é requerido para *softwares* locais (BROWN, 2003). Ademais, possíveis atualizações no código do *software* também não precisam ser instaladas e ficam à disposição do usuário assim que forem acrescentadas ao servidor (HUTCHENS; OUDSHOORN; MACIUNAS, 1997).

Por outro lado, um *software web* depende de conexão à internet para funcionar, o que pode ser um obstáculo para o usuário visto que o desempenho do *software* pode ser afetado pela qualidade de conexão (SARHAN; GAWDAN, 2018). Usualmente, na área agrícola, evita-se o uso de *softwares web* justamente por esse motivo, no cotidiano, em visitas às propriedades,

muitas vezes não há acesso à internet. Entretanto, em circunstâncias de ensino, as vantagens do desenvolvimento *web* se sobrepõe às desvantagens.

O desenvolvimento de páginas web pode ser feito inteiramente com linguagens como HTML (*HyperText Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*). HTML é utilizado para estruturar o conteúdo, como textos, imagens e links, enquanto o CSS é responsável pela apresentação visual, permitindo estilizar e organizar esses elementos de maneira agradável (SILVA, 2008). No entanto, páginas construídas apenas com HTML e CSS não oferecem interatividade, pois não possuem mecanismos para responder a eventos do usuário, como cliques ou digitação. São páginas estáticas que não mudam em resposta às ações do usuário. Isso limita a experiência do visitante, tornando-as linguagens adequadas para sites informativos, mas não para aplicações dinâmicas que exigem interação em tempo real.

O que possibilita a criação de páginas dinâmicas é a utilização conjunta de HTML e CSS com outras linguagens que desempenham o papel de receber, processar e responder às ações do usuário (RONAK *et al.*, 2024). Dentre as diversas possibilidades de linguagens está o *php* que é amplamente utilizada para o desenvolvimento web (KHAN, KHANAM, 2023). Segundo Bento (2013), alguns motivos para a extensa utilização de PHP são a facilidade de aprendizado, a possibilidade de foco no desenvolvimento da lógica do *software* sem precisar gastar muito tempo contruindo a comunicação entre usuário e servidor e a praticidade de diálogo com banco de dados.

Devido à facilidade de integração de *php* com um banco de dados, essas ferramentas são frequentemente usadas em simultâneo. O banco de dados mais utilizado para programação *web* é o *MySQL* em virtude da sua rapidez e capacidade de funcionamento leve mesmo com grande quantidade de dados (BENTO, 2013). Assim, a combinação de *php* e *MySQL* para desenvolver *softwares* web oferece diversas vantagens que contribuem para a eficiência e flexibilidade das aplicações (ENGBRETH; SAHU, 2023). Ademais, a ampla comunidade de desenvolvedores e a vasta quantidade de informações disponíveis facilitam a resolução de problemas e a implementação de novas funcionalidades.

Outra prática comum no desenvolvimento *web* é o uso de *Frameworks* que são, basicamente, um conjunto de bibliotecas organizadas para fornecer velocidade, acurácia, conveniência e consistência no desenvolvimento de aplicações (HUSTINAWATI;

HIMAWAN; LATIFAH, 2014). O *Framework* é um alicerce que contém funções básicas do *software* e facilita o desenvolvimento pois a aplicação não precisa ser construída do zero.

O *Framework* mais utilizada para *php* é chamada de *CodeIgniter*, ela tem uma execução rápida e permite o desenvolvimento de *softwares* dinâmicos (MUQOROBIN; RAIS, 2022). O objetivo do *CodeIgniter* é permitir que o desenvolvedor crie projetos muito mais rapidamente e seguindo uma estrutura lógica. Algumas vantagens são a fácil identificação e correção de erros no código, a interface amigável, a possibilidade de personalização das configurações e simplicidade da conexão e edição do banco de dados (SOLANKI; SHAH; SHAH, 2017).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Dimensionamento do sistema

O processo de dimensionamento do sistema de irrigação por aspersão convencional seguiu as instruções apresentadas pelo *Manual da Irrigação*¹ como discriminado a seguir:

→ **Levantamento de dados**

As seguintes variáveis são disponibilizadas ao *software* pelo usuário:

- Do solo:
 - Capacidade de campo;
 - Ponto de murcha permanente;
 - Densidade do solo;
 - Fator de disponibilidade de água no solo.
- Da área:
 - Desnível do terreno;
 - Comprimento da área;
 - Largura da área;
- Do sistema:
 - Tempo de aplicação;
 - Eficiência de aplicação;
 - Coeficiente de rugosidade do material;

¹(BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008)

- Velocidade de deslocamento da água;
- Vazão do aspersor;
- Espaçamento entre aspersores;
- Espaçamento entre linhas laterais;
- Rendimento da bomba.
- Da cultura:
 - Profundidade efetiva do sistema radicular;
 - Evapotranspiração média diária.

→ Irrigação necessária

A irrigação necessária depende da capacidade de retenção de água no solo, da cultura e das condições climáticas. Para calculá-la será usada a seguinte sequência de fórmulas:

$$DTA = \frac{CC - PMP}{10} \times D_s \quad (1)$$

Onde:

DTA = Disponibilidade total de água no solo (mm/cm);

CC = Capacidade de campo (% em peso);

PMP = Ponto de murcha permanente (% em peso);

D_s = Densidade do solo (g/cm^3).

$$DRA = DTA \times f \quad (2)$$

Onde:

DRA = Disponibilidade real de água no solo (mm/cm);

DTA = Disponibilidade total de água no solo (mm/cm);

f = Fator de disponibilidade.

$$CRA = DRA \times z \quad (3)$$

Onde:

CRA = Capacidade real de água no solo (mm);

DRA = Disponibilidade real de água no solo (mm/cm);

z = Profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

$$ITN = \frac{IRN}{E_a} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

ITN = Irrigação total necessária (mm);

IRN = Irrigação real necessária (mm);

E_a = Eficiência de aplicação (%);

→ **Turno de rega e período de irrigação**

Para calcular o turno de rega será usada a seguinte equação:

$$TR = \frac{CRA}{ET_{cMedia} - P_e} \quad (5)$$

Onde:

TR = Turno de rega (dias);

CRA = Capacidade real de água no solo (mm);

ET_{cMedia} = Média da evapotranspiração diária da cultura (mm/dia);

P_e = Precipitação efetiva (mm).

→ **Intensidade de aplicação**

$$I_a = \frac{ITN}{T_a} \quad (6)$$

Onde:

I_a = Intensidade de aplicação (mm/h);

ITN = Irrigação total necessária (mm);

T_a = Tempo de aplicação (h).

→ **Escolha do aspersor**

O aspersor será escolhido com base na intensidade de aplicação de cada sistema. Durante a demonstração do passo a passo do dimensionamento do sistema de irrigação é solicitado ao usuário a intensidade de aplicação e a vazão do aspersor escolhido, além do espaçamento entre aspersores e entre linhas laterais.

→ **Número de aspersores e de linhas laterais**

A partir do espaçamento entre linhas e aspersores e do comprimento das linhas lateral e principal, consegue-se definir o número de aspersores por linha lateral e o número de linhas laterais.

$$NAPL = \frac{L}{S_1} \quad (7)$$

Onde:

NAPL = Número de aspersores por lateral;

L = Comprimento efetivo da linha lateral (m);

S_1 = Espaçamento entre aspersores (m).

$$NLL = \frac{L_p}{S_2} \quad (8)$$

Onde:

NLL = Número de linhas laterais;

L_p = Comprimento efetivo da linha principal (m);

S_2 = Espaçamento entre linhas laterais (m).

→ **Vazão do sistema**

Para chegar à vazão do sistema é necessário que, primeiramente calcule-se a vazão do aspersor. Com esse valor consegue-se computar a vazão por linha lateral e a vazão total do sistema.

$$q_a = \frac{I_a \times S_1 \times S_2}{1000} \quad (9)$$

Onde:

q_a = Vazão do aspersor (m^3/h);

I_a = Intensidade de aplicação (mm/h);

S_1 = Espaçamento entre aspersores (m);

S_2 = Espaçamento entre linhas laterais (m).

$$Q_{ll} = q_a \times NAPL \quad (10)$$

Onde:

Q_{ll} = Vazão total por linha lateral (l/s);

q_a = Vazão do aspersor (l/s);

NAPL = Número de aspersores por lateral;

$$Q = NTA \times q_a \quad (11)$$

Onde:

Q = Vazão total do sistema (l/s);

NTA = Número total de aspersores;

q_a = Vazão do aspersor (l/s).

→ Perda de carga na linha

A perda de carga considerada admissível equivale à 20% da pressão do aspersor:

$$H'_f = 0,20 \times P_a \pm D_n \quad (12)$$

Onde:

H'_f = Perda de carga na linha (mca);

P_a = Pressão do aspersor (mca);

D_n = Desnível do terreno (m).

Para calcular a perda de carga efetiva, utilizam-se as seguintes equações:

$$F = \frac{2N}{2N-1} \left[\left(\frac{1}{1,85+1} \right) + \frac{(1,85-1)^{0,5}}{6N^2} \right] \quad (13)$$

Onde:

F = Fator que considera o número de saídas por linha (adimensional);

N = NAPL = Número de aspersores por lateral.

$$H_f'' = \frac{H_f'}{F} \quad (14)$$

Onde:

H_f'' = Perda de carga na linha lateral (mca);

H_f' = Perda de carga admissível (mca);

F = Fator que considera o número de saídas por linha (adimensional).

→ Diâmetro das linhas laterais

Para o cálculo do diâmetro da linha lateral, usam-se a vazão por linha lateral, o comprimento da linha lateral, a perda de carga e o coeficiente de rugosidade do material da tubulação.

$$D_{ll} = \left[10,641 \times \left(\frac{Q_{ll}}{c} \right)^{1,85} \times \left(\frac{L}{H_f''} \right) \right]^{0,205} \quad (15)$$

Onde:

D_{ll} = Diâmetro da linha lateral (mm);

Q_{ll} = Vazão total por linha lateral (m^3/s);

C = Coeficiente de rugosidade de acordo com o material (adimensional);

L = Comprimento efetivo da linha lateral (m);

H_f'' = Perda de carga na linha lateral (mca).

O seguinte critério define a uniformidade ou divisão do diâmetro das linhas laterais:

$$H_f \leq 23,5\% \text{ da pressão do aspessor}$$

Essa perda de carga é calculada a partir da equação abaixo.

$$H_f = 10,641 \times \left(\frac{Q_{ll}}{c} \right)^{1,85} \times \left(\frac{L}{D_{ll}^{4,87}} \right) \quad (16)$$

Onde:

H_f = Perda de carga da linha lateral (mca);

Q_{ll} = Vazão total por linha lateral (m^3/s);

C = Coeficiente de rugosidade do material (adimensional);

D_{ll} = Diâmetro da linha lateral (mm);

L = Comprimento efetivo da linha lateral (m).

→ Diâmetro da linha principal

Para calcular o diâmetro da linha principal é necessário calcular a vazão total do sistema multiplicando a vazão da linha lateral pelo número de linhas laterais, ambos previamente computados. Depois, usa-se a seguinte equação:

$$D_{lp} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{TS}}{\pi \times v}} \quad (17)$$

Onde:

D_{lp} = Diâmetro da linha principal (mm);

Q_{TS} = Vazão total do sistema (m^3/s);

v = Velocidade de deslocamento da água (m/s).

Esse dimensionamento é baseado no método do limite de velocidade que define a velocidade de escoamento na tubulação como um valor entre 1,0 e 2,0 m/s .

→ Diâmetro das linhas de recalque e sucção

O diâmetro tanto da linha de recalque como da linha de sucção é definido como um diâmetro comercial acima do diâmetro da linha principal.

→ Altura manométrica do sistema

A altura manométrica influenciará na escolha da motobomba, sendo calculada a partir da equação à seguir:

$$h_m = P_{in} + H_{fp} \pm D_{np} + H_{fr} \pm D_{nr} + H_{fs} \pm D_{ns} + H_{fl} \quad (18)$$

Onde:

h_m = Altura manométrica do sistema (mca);

P_{in} = Pressão no início da linha lateral (mca);

H_{fp} = Perda de carga na linha principal (mca);

D_{np} = Desnível na linha principal (m);

H_{fr} = Perda de carga na tubulação de recalque (mca);

D_{nr} = Desnível na linha de recalque (m);

H_{fs} = Perda de carga na tubulação de sucção (mca);

D_{ns} = Desnível na linha de sucção (m);

H_{fl} = Perda de carga localizada (mca).

→ Conjunto motobomba

Geralmente são utilizadas bombas centrífugas. A partir da vazão total do sistema e da altura manométrica, consegue-se selecionar a bomba que oferece maior rendimento. Para a escolha da bomba, também serão disponibilizados modelos de catálogos.

A potência necessária no eixo da bomba pode ser calculada usando:

$$P_M = \frac{Q_{TS} \times h_m}{75 \times R_b} \quad (19)$$

Onde:

P_M = Potência do motor (cv);

Q_{TS} = Vazão total do sistema (m^3/h);

h_m = Altura manométrica (mca);

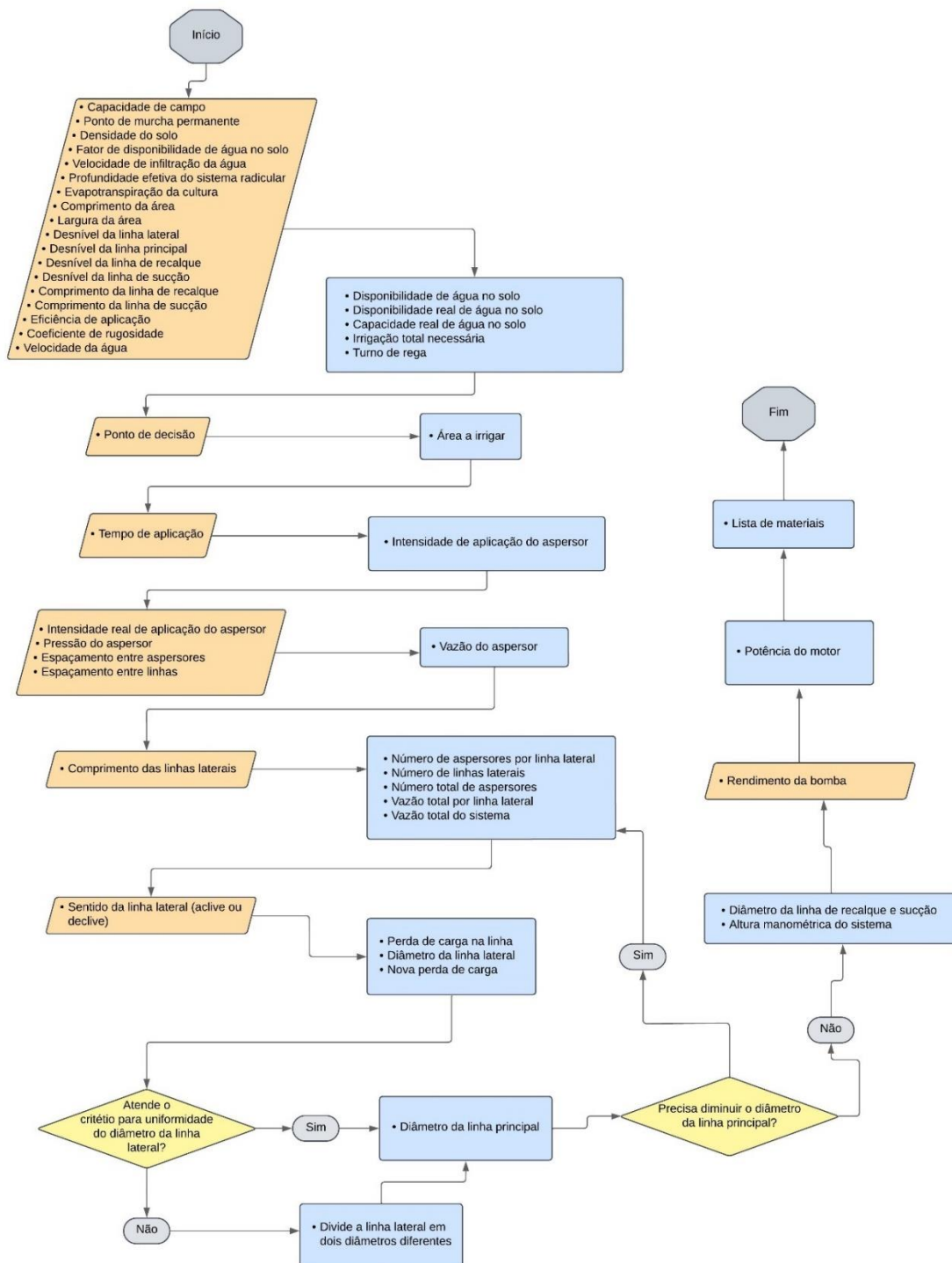
R_b = Rendimento da bomba (decimal).

2.2.2 Desenvolvimento do *software*

Embora fosse desejável que o desenvolvimento do software seguisse uma metodologia tão bem estruturada quanto a utilizada no dimensionamento do sistema, o processo foi marcado por desafios. A principal metodologia usada foi o método de desenvolvimento em cascata em que o processo de criação se dá de forma sequencial. Assim, a descrição da metodologia baseia-se no conhecimento empírico, podendo, em trabalhos mais especializados na área de Ciência da Computação, ser substituída por termos técnicos mais específicos.

Inicialmente apresenta-se o fluxograma de funcionamento do *software* (figura 1), em que os trapezóides laranjas representam as variáveis pedidas ao usuário, os retângulos azuis simbolizam os cálculos realizados e as informações apresentadas e os losangos amarelos demonstram condições que devem ser analisadas durante o dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão convencional.

Figura 1. Fluxograma de funcionamento do software.



A metodologia adotada para o desenvolvimento do software pode ser dividida em etapas bem definidas: a decisão entre criar um aplicativo ou um site, a definição do público-alvo, a criação de um protótipo, a escolha das ferramentas e linguagens de programação, o desenvolvimento propriamente dito e a criação do banco de dados.

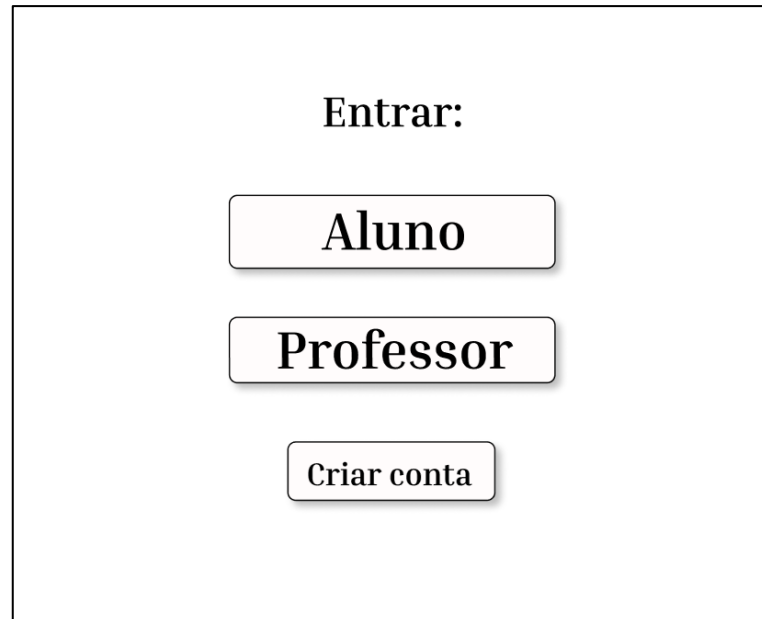
Durante a elaboração do projeto que originou este trabalho, decidiu-se que o software seria uma aplicação web, ou seja, um site. Essa escolha foi motivada principalmente pela maior facilidade de desenvolvimento e pela portabilidade.

A primeira etapa do desenvolvimento foi a definição do público-alvo. Quem utilizaria o sistema? Qual seria o objetivo de seu uso? Em consulta com o orientador do trabalho, concluiu-se que o principal público seriam os alunos de graduação em Agronomia, considerando que, no curso técnico em Agropecuária, o conteúdo abordado pelo software não é aprofundado em sala de aula. O levantamento de requisitos foi feito por meio de observações durante as aulas e de diálogos com os alunos da disciplina de Irrigação e Drenagem. O objetivo final era ampliar a capacitação dos estudantes no dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional, promovendo o entendimento completo do uso de variáveis e da tomada de decisões integradas a um projeto de irrigação.

Após a definição do público e de suas necessidades, o projeto de *software* passou para a fase de prototipagem. O primeiro protótipo foi esboçado manualmente em um caderno e passou por diversas revisões até alcançar a versão final, diagramada na plataforma Figma para facilitar sua compreensão.

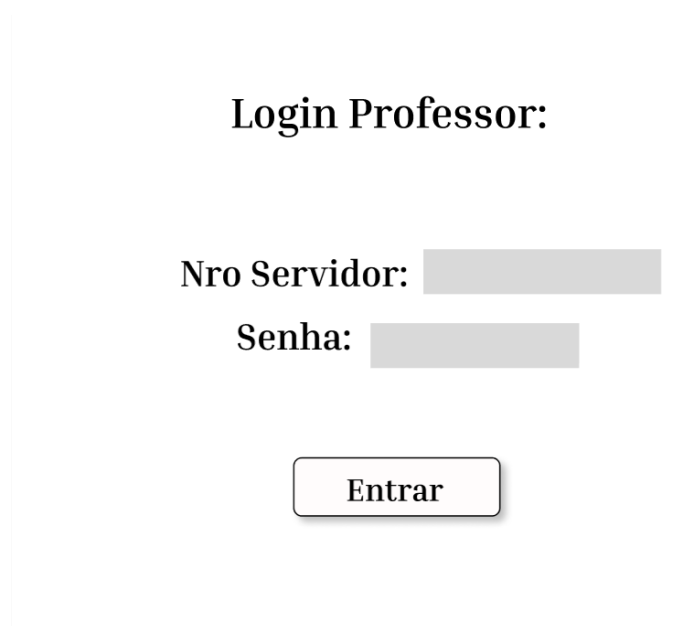
Como o software tinha o propósito de auxiliar no dimensionamento de sistemas de irrigação, uma atividade frequentemente realizada em aula e com potencial caráter avaliativo dependendo do plano de ensino, uma das funcionalidades necessárias era a existência de dois requisitos funcionais: um *login* de alunos e outro de professores. Essa diferenciação visava permitir que os professores tivessem controle sobre as ações dos alunos no site, em conformidade com práticas comuns em outras plataformas de ensino. A Figura 2 ilustra o protótipo da tela inicial, onde o usuário pode selecionar entre as opções de acesso “Aluno” ou “Professor” e também criar uma nova conta.

Figura 2. Protótipo da tela de escolha de acesso aluno ou professor.



Ao clicar no botão "Professor", o usuário seria direcionado à tela de login específica para professores, conforme apresentado na Figura 3. De forma análoga, ao selecionar a opção "Aluno", o usuário seria redirecionado à respectiva tela de login, ilustrada na Figura 4. Inicialmente, a proposta para diferenciar os logins consistia na utilização do número de matrícula para os alunos e de um número de identificação para os professores. Entretanto, essa ideia foi posteriormente descartada devido à sua complexidade, embora ainda estivesse em discussão durante a criação do protótipo, razão pela qual aparece nas Figuras 3 e 4.

Figura 3. Protótipo da tela de login do professor.

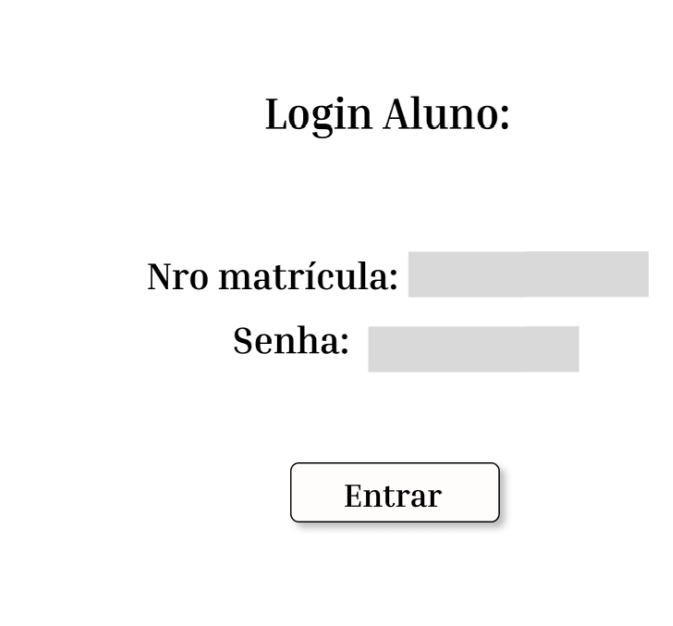


Login Professor:

Nro Servidor:

Senha:

Figura 4. Protótipo da tela de login do aluno.



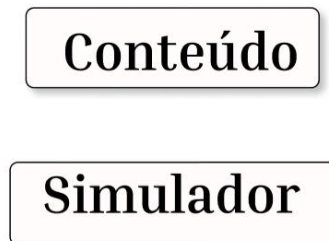
Login Aluno:

Nro matrícula:

Senha:

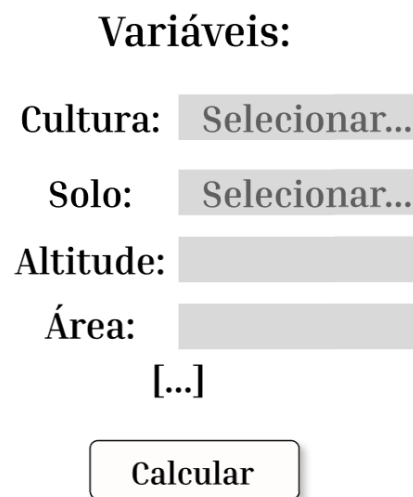
A Figura 5 exibe o protótipo da tela de opções de ação dentro do software. No início, imaginou-se que o sistema contaria com dois ambientes distintos: um destinado ao conteúdo teórico sobre o dimensionamento de sistemas de irrigação e outro voltado à aplicação prática. Contudo, como é comum em projetos de desenvolvimento, essa concepção foi alterada durante o processo, refletindo as mudanças que frequentemente ocorrem antes da finalização do produto.

Figura 5. Protótipo da tela de opções de ação dentro do software.



O protótipo da tela de requisição das variáveis está ilustrado na Figura 6. Inicialmente, considerou-se utilizar um banco de dados para armazenar todas as variáveis e chamá-las ao cálculo, e, por isso, a figura inclui a opção de selecionar algumas dessas informações.

Figura 6. Protótipo da tela de escolha de variáveis para os cálculos.



A Figura 7 apresenta o protótipo da tela de exibição dos cálculos. A proposta inicial era mostrar, lado a lado, cada equação utilizada, os cálculos realizados com base nela e as variáveis inseridas na tela anterior (Figura 6). Além disso, planejava-se incluir observações sobre as

equações e os cálculos, destacando pontos críticos no processo de tomada de decisão do projeto. Posteriormente, o design dessa tela foi ajustado para que todos os cálculos e equações fossem exibidos em uma única página.

Figura 7. Protótipo da tela de apresentação dos cálculos.

Equação

Cálculo

Observações:

Continuar

A escolha das ferramentas e linguagens utilizadas no desenvolvimento do software foi um processo desafiador devido à inexperiência da desenvolvedora na área. Embora já tivesse algum conhecimento prévio sobre lógica de programação e execução de funções básicas, nunca havia trabalhado em um projeto tão complexo quanto o desenvolvimento de um site. Para se preparar, foi realizado um curso de 92,5 horas intitulado "*Desenvolvimento Web Compacto e Completo*", disponibilizado na plataforma Udemy. Conseqüentemente, as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do software foram as mesmas apresentadas no curso. As linguagens empregadas foram PHP e CSS, com suporte de um banco de dados MySQL utilizando SQL e a *framework* CodeIgniter.

Quanto à criação do banco de dados e ao desenvolvimento propriamente dito, não foi seguida uma sequência linear ou planejada. O desenvolvimento das telas foi baseado nos protótipos, mas a ordem de execução variava conforme as necessidades identificadas durante o processo. Por exemplo, enquanto trabalhava na funcionalidade de uma tela, soluções para problemas em outras telas frequentemente surgiam, o que resultava em mudanças imediatas no foco do trabalho. De forma semelhante, o banco de dados inicialmente tinha o objetivo de armazenar informações de login para alunos e professores, mas, ao longo do desenvolvimento, passou a incluir também variáveis utilizadas nos cálculos.

Melhorias na interface e na usabilidade do software, bem como testes de funcionalidade, foram realizados continuamente durante o processo de desenvolvimento. Após a implementação de cada nova funcionalidade, eram avaliados aspectos relacionados à usabilidade, como o posicionamento de botões, equações, numeração e títulos. O objetivo era criar um sistema intuitivo, que pudesse ser operado sem dificuldades por usuários sem conhecimento prévio sobre seu funcionamento. Além disso, cada nova funcionalidade adicionada foi submetida a testes de usabilidade para verificar seu pleno funcionamento, incluindo o redirecionamento correto de páginas e a execução das funções previstas. Esses testes foram aplicados a todas as funcionalidades do software e, sempre que problemas eram identificados, eles eram corrigidos imediatamente.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia de desenvolvimento em cascata utilizada demonstrou-se adequada pela facilidade em organização dos processos. As ferramentas usadas também se mostraram apropriadas devido a capacidade de suporte de todas as funcionalidades essenciais à aplicação. O uso da *framework CodeIgniter* facilitou a construção do código pois permitiu que a desenvolvedora focasse seus esforços no desenvolvimento da lógica do site sem precisar se preocupar com todos os fundamentos da programação *web*. Do mesmo modo, a combinação de HTML, CSS e PHP permitiu a construção de um *software* dinâmico e visualmente agradável. Ainda, o banco de dados se mostrou uma ferramenta essencial para o armazenamento de informações usadas em mais de uma página do site.

O *software* desenvolvido apresenta uma interface intuitiva com explicações para cada uma das variáveis requeridas e se mostrou eficiente no dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional, sendo capaz de calcular corretamente o diâmetro das tubulações e a intensidade de aplicação de água necessárias para cada cultura. Além disso, Aspergio exibe explicações sobre todos os cálculos usados no dimensionamento e permite a mudança de variáveis de forma independente tendo o potencial de demonstrar aos estudantes qual o papel de cada variável em um sistema de irrigação e quais consequências advêm da mudança de cada uma.

Desde o início, identificou-se que a maior dificuldade enfrentada pelos alunos da disciplina de Irrigação e Drenagem residia na parte prática, especialmente na matemática

envolvida no dimensionamento de sistemas de irrigação, e não no conteúdo teórico. Com base nesse entendimento, tornou-se evidente que o foco do software deveria ser as equações utilizadas e a origem dos valores empregados em cada cálculo. Além disso, considerou-se essencial que as operações fossem apresentadas em etapas pequenas, facilitando a compreensão parcial e promovendo o entendimento do conjunto de operações.

A lista de variáveis necessárias para os cálculos do sistema de irrigação foi definida no início do desenvolvimento do software e encontra-se apresentada na seção 2.2.1 deste trabalho. Para possibilitar que o usuário escolhesse as variáveis desejadas para o dimensionamento, desenvolveu-se uma tela de solicitação de variáveis, dividida em quatro seções: variáveis de solo, variáveis de cultura, variáveis da área e variáveis do sistema (figura 8). Essa tela consiste em um formulário que aceita as entradas do usuário, armazena-as em uma tabela no banco de dados e, posteriormente, resgata essas informações para exibição na tela de apresentação dos cálculos.

Figura 8. Captura de tela da página de levantamento de variáveis.

The screenshot displays a web browser window with the following elements:

- Browser Address Bar:** Shows the URL `localhost/TCC_codeigniter/public/calculadora`.
- Page Title:** "LEVANTAMENTO DE VARIÁVEIS".
- Section Header:** "VARIÁVEIS DE SOLO:".
- Form Fields:**
 - Capacidade de campo CC [%]:
 - Ponto de murcha permanente PMP [%]:
 - Densidade do solo Ds [g/cm^3]:
 - Fator de disponibilidade de água no solo f [adim.]:
 - Velocidade de infiltração da água Vi [mm/h]:
- User Interface:** A user profile dropdown menu is visible in the top right corner, showing the name "MARIA".

Na mesma tela, implementaram-se mecanismos para validar os dados fornecidos pelo usuário, garantindo a integridade das informações (figura 9). Por exemplo, nas variáveis “capacidade de campo” e “ponto de murcha permanente”, expressas em porcentagem, uma condição lógica impede que valores superiores a 100 sejam inseridos. Caso isso ocorra, o formulário não é enviado, e o usuário é notificado sobre a necessidade de correção.

Figura 9. Captura de tela da página de levantamento de variáveis com validação de dados.

The screenshot displays a web browser window with the address bar showing 'localhost/TCC_codeigniter/public/calculadora'. The main content area features a form with four input fields, each accompanied by a red exclamation mark icon and the text 'Campo obrigatório.' (Required field). The fields are labeled as follows:

- Comprimento da linha de sucção - Ls [m]:
- Eficiência de aplicação - Ea [%]:
- Coeficiente de rugosidade - C [adimensional]:
- Velocidade da água - v [m/s]:

At the bottom of the form is a black button labeled 'CALCULAR'. The background of the page shows a green field with trees under a blue sky. A user profile dropdown menu is visible in the top right corner, showing the name 'MARIA'.

Esse processo de validação de formulários foi aplicado a todas as telas do software. Ele assegura que erros de cálculo decorrentes de valores incorretos sejam evitados e reforça a segurança, especialmente nas informações de login. Adicionalmente, cada campo do formulário conta com um botão de ajuda, representado por um ícone de interrogação, que fornece uma breve explicação sobre a variável correspondente e orienta o usuário quanto à localização do dado (figura 10).

Figura 10. Captura de tela da página de levantamento de variáveis com explicação sobre a capacidade de campo.



A tela de apresentação dos cálculos foi desenvolvida com o objetivo de detalhar as equações utilizadas e a origem das variáveis empregadas. Para isso, foram compiladas explicações concisas sobre cada equação e variável, organizadas de forma clara. Para facilitar a navegação, incluiu-se um botão que permite ocultar ou exibir as explicações conforme a necessidade do usuário (figuras 11 e 12).

Figura 11. Captura de tela da página de exibição dos cálculos com explicações ocultas.

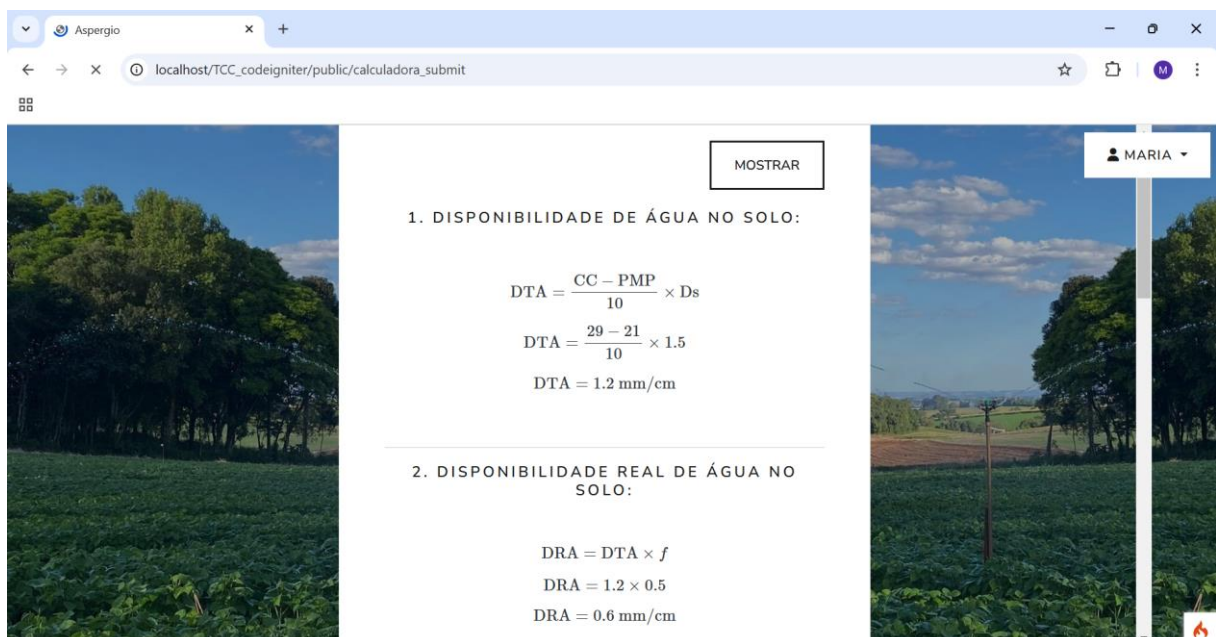


Figura 12. Captura de tela da página de exibição dos cálculos com explicações exibidas.

OCULTAR

1. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO:

O valor obtido dessa equação equivale à quantidade total de água armazenada no solo.

Nela, são usados os valores de capacidade de campo (CC) em porcentagem, ponto de murcha permanente (PMP) em porcentagem e a densidade do solo (Ds) em gramas por centímetro cúbico.

$$DTA = \frac{CC - PMP}{10} \times Ds$$

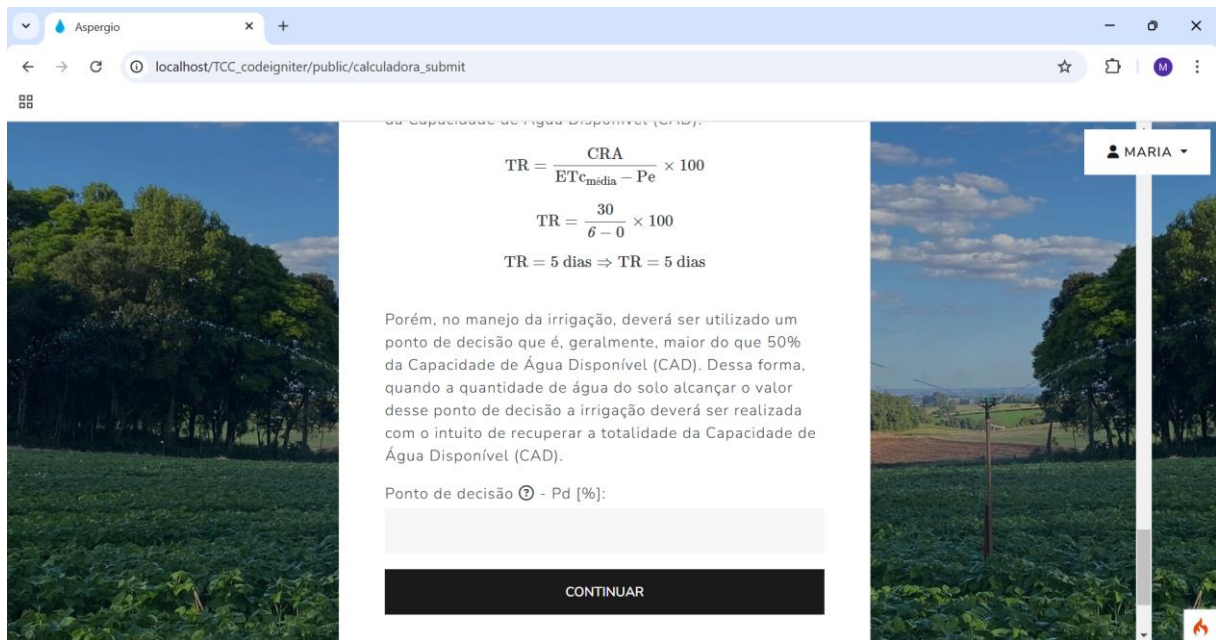
$$DTA = \frac{29 - 21}{10} \times 1.5$$

$$DTA = 1.2 \text{ mm/cm}$$

2. DISPONIBILIDADE REAL DE ÁGUA NO SOLO:

Essa tela também aborda os cálculos que demandam decisões baseadas em características específicas, como tipo de solo, cultura, disponibilidade econômica e mão de obra dos produtores. Essa abordagem destaca a influência dos fatores de decisão, demonstrando como alterações em apenas uma variável podem impactar todo o sistema de irrigação. Assim, o software permite que as variáveis de decisão sejam escolhidas pelo usuário no momento em que forem necessárias, em vez de defini-las todas antecipadamente, tornando o processo mais didático (figura 13).

Figura 13. Captura de tela da página de exibição dos cálculos com formulário pedindo o ponto de decisão.



Quanto aos acessos, decidiu-se separar os logins de alunos e professores (figura 14). Inicialmente, considerou-se a utilização de números de matrícula e identificação de servidores para autenticação, mas a complexidade dessa abordagem resultou em sua substituição. O sistema foi configurado para que os professores criassem turmas com nomes e senhas específicas, compartilhando essas informações com os alunos. Os alunos, por sua vez, realizam o login utilizando seu nome, além do nome e senha da turma (figura 15). Para garantir que apenas professores possam criar turmas, foi implementada uma “senha de administrador” requisitada durante a criação de contas para professores.

Figura 14. Captura de tela da página de escolha de login.

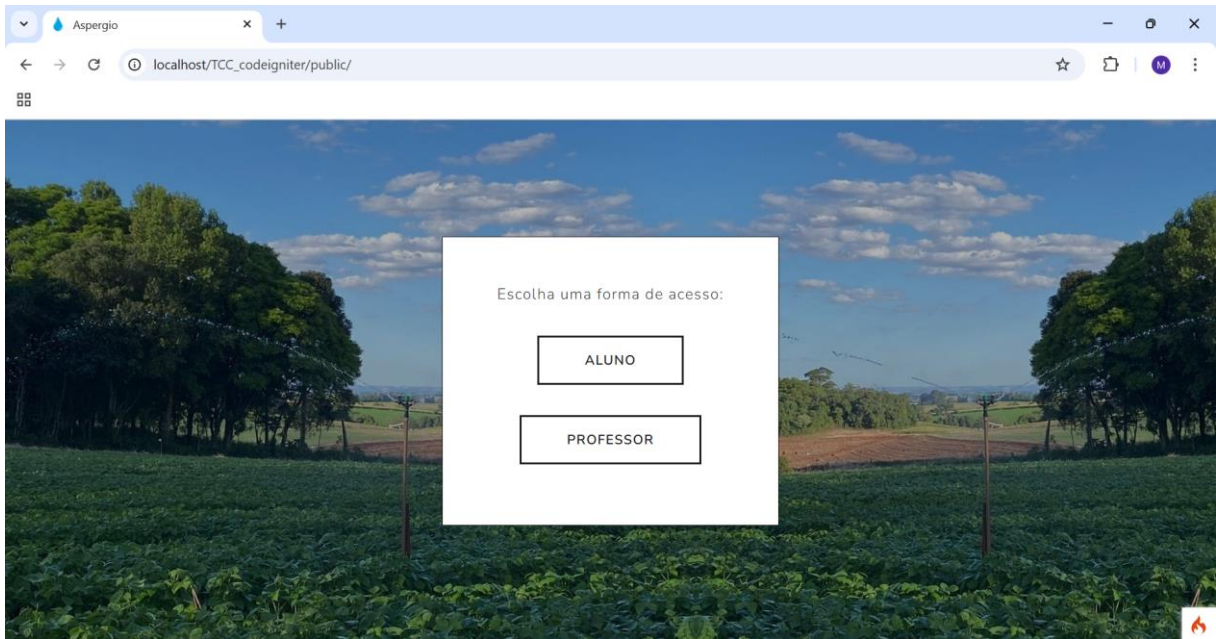
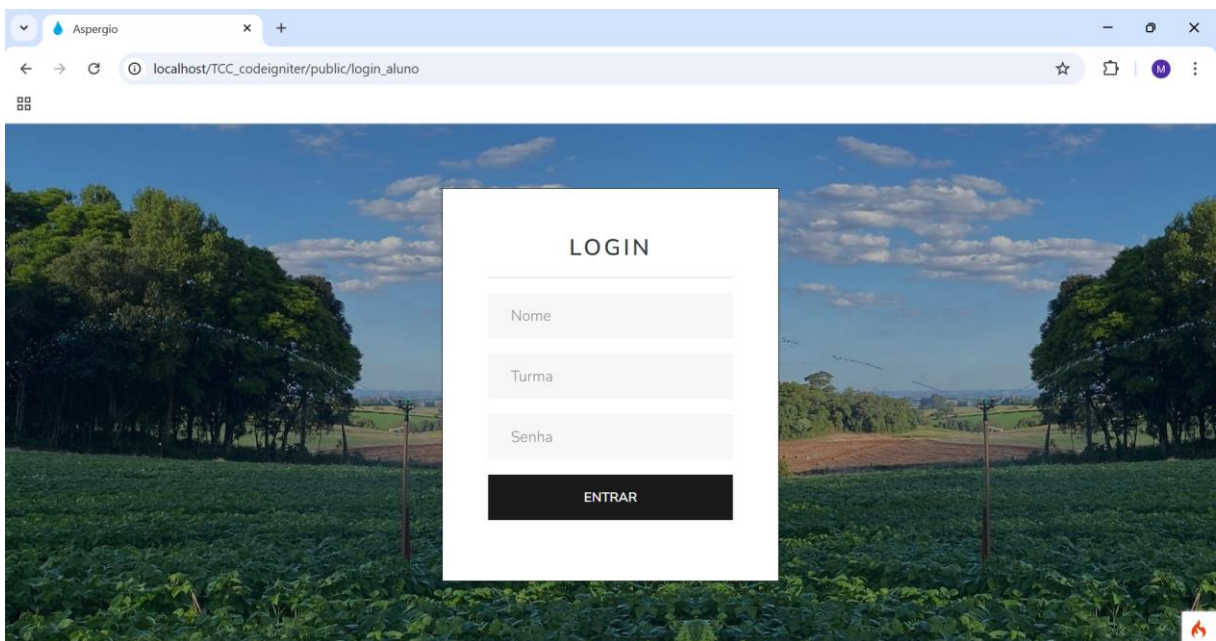


Figura 15. Captura de tela da página de login do aluno.



O login do aluno foi configurado para permitir o registro em mais de uma turma, mas evita duplicidades de nomes dentro da mesma turma. Além disso, verifica-se a validade das informações da turma no banco de dados antes de finalizar o acesso. Já o login do professor exige a criação de uma conta prévia (figuras 16 e 17) e, uma vez criada, segue o processo usual de autenticação (figuras 18).

Figura 16. Captura de tela da página de solicitação da senha do administrador para criação de conta docente.

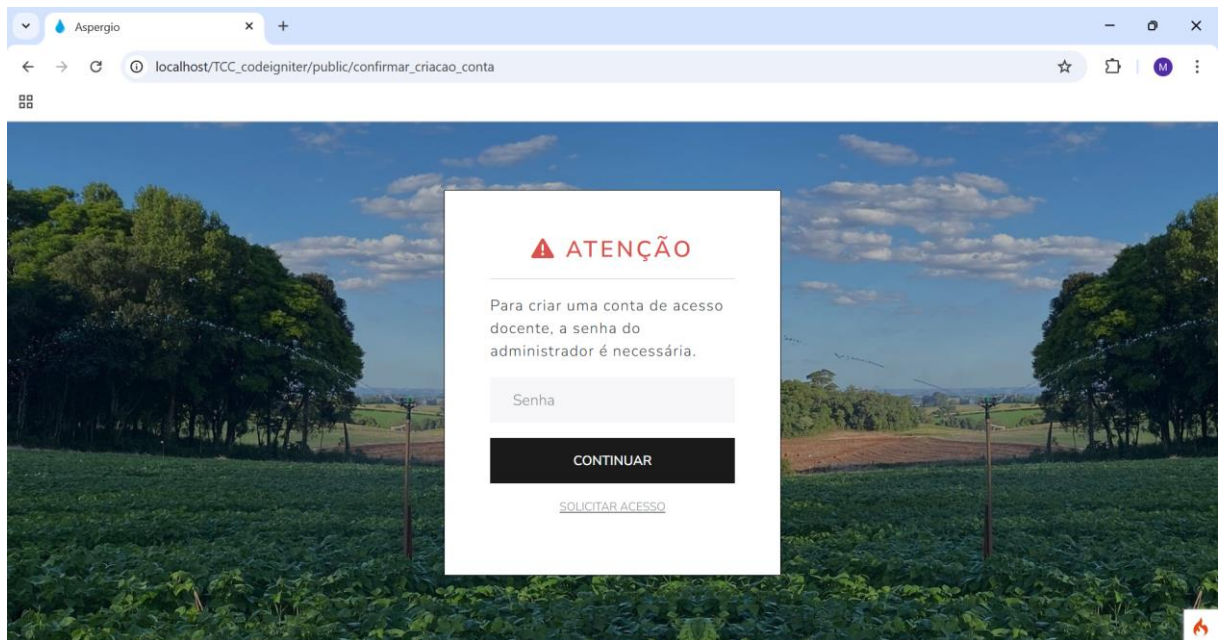


Figura 17. Captura de tela da página de criação de conta docente.

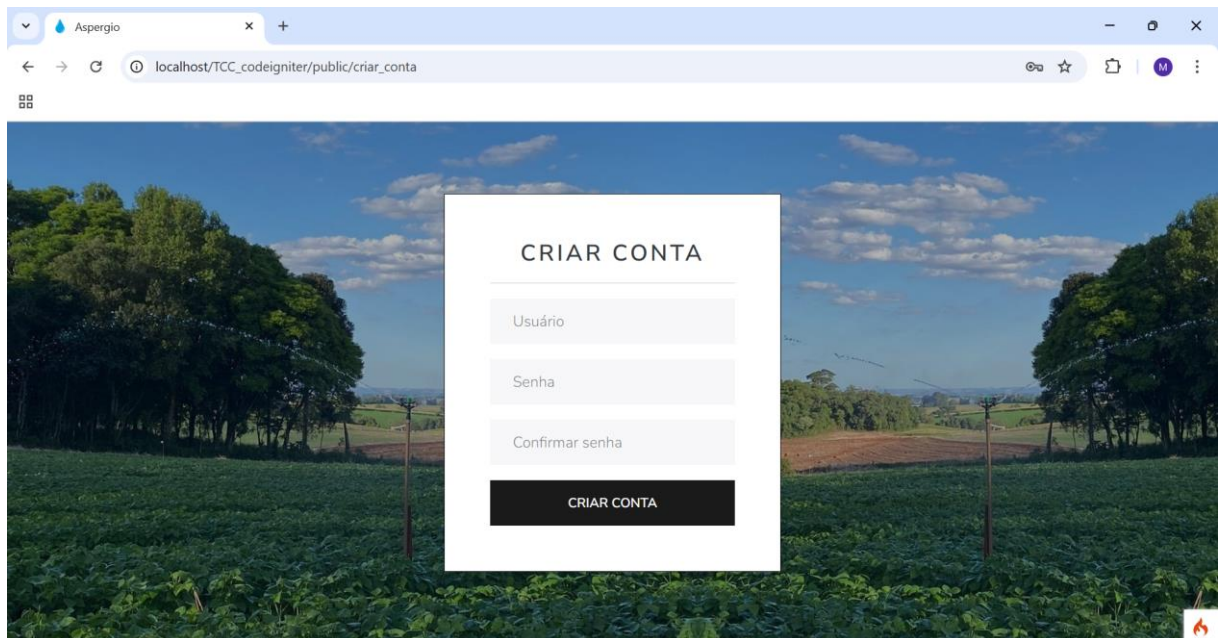
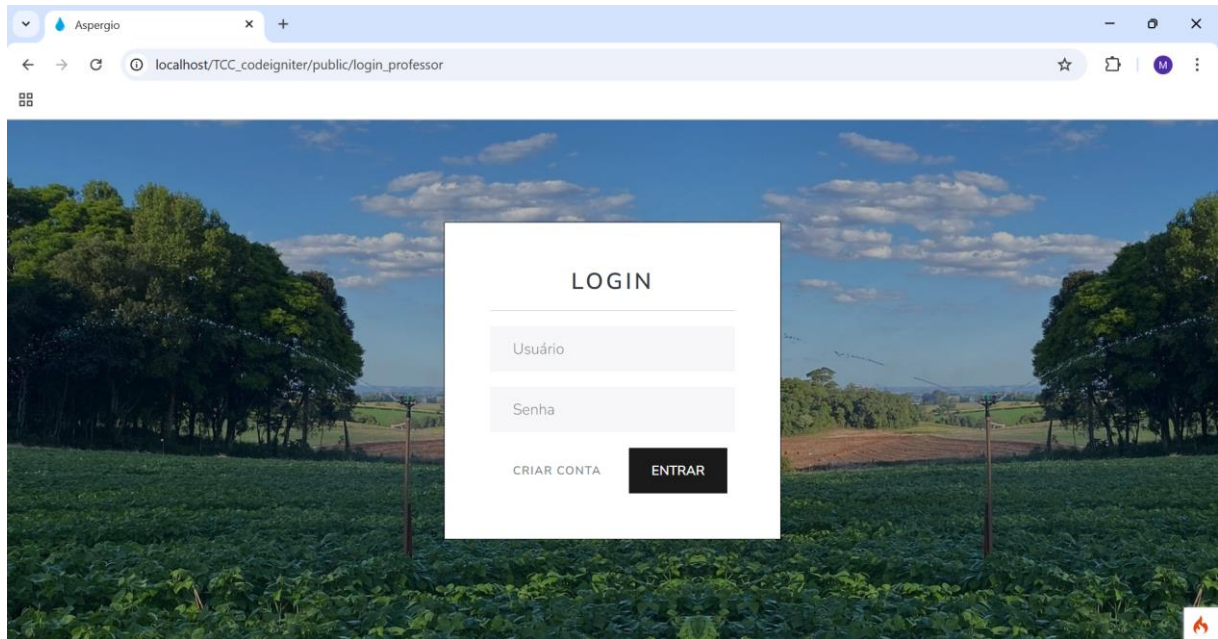


Figura 18. Captura de tela da página de login do professor.



Outro recurso implementado foi a possibilidade de o professor criar exemplos de cálculo para a turma, utilizando variáveis definidas por ele. O aluno pode acessar esses exemplos por meio de uma interface similar à tela de apresentação de cálculos, porém, com variáveis e observações configuradas pelo professor (figura 19).

Figura 19. Captura de tela da página de exibição do exemplo definido pelo professor.

OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR

Observações do professor.
Elas mantêm a formatação.

- 1.
- 2.
3. Elas podem ser editadas sempre que necessário.

MOSTRAR

1. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO:

$$DTA = \frac{CC - PMP}{10} \times Ds$$

$$DTA = \frac{29 - 21}{10} \times 1.5$$

$$DTA = 1.2 \text{ mm/cm}$$

Adicionalmente, foram desenvolvidas telas secundárias para facilitar a navegação, como a tela inicial para alunos e professores. No caso dos alunos, essa tela exibe botões para acessar o levantamento de variáveis ou os exemplos criados pelo professor (figura 20). Para os professores, a tela inicial apresenta as turmas criadas e permite gerenciar sua exclusão ou criação (figura 21).

Figura 20. Captura de tela da página inicial discente.

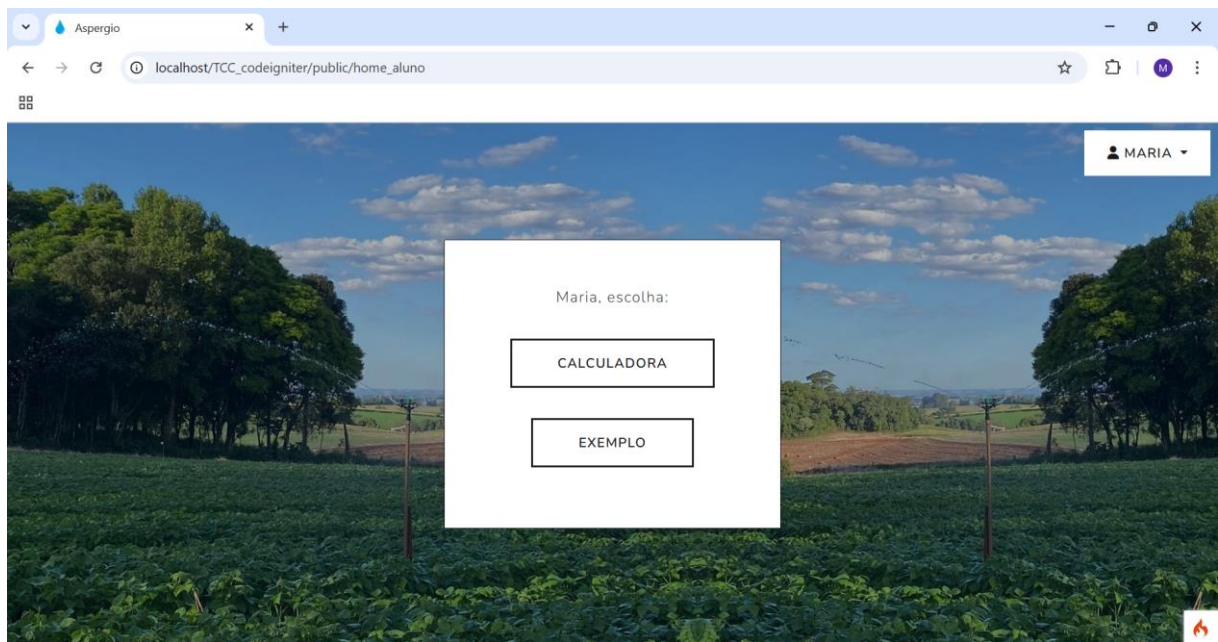
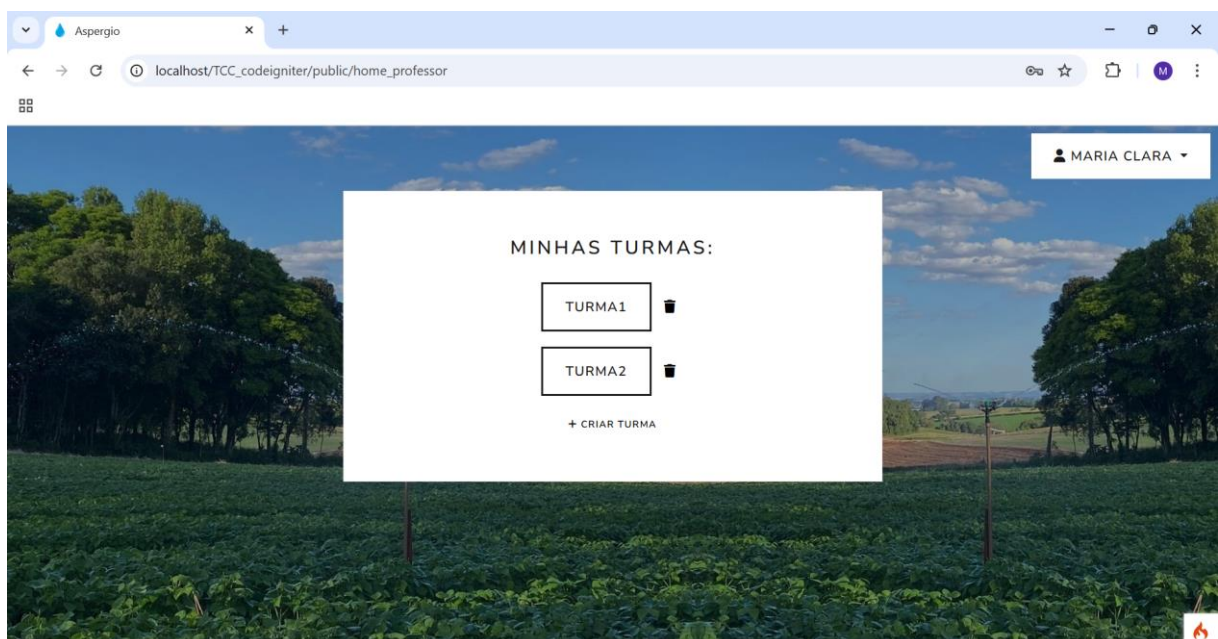
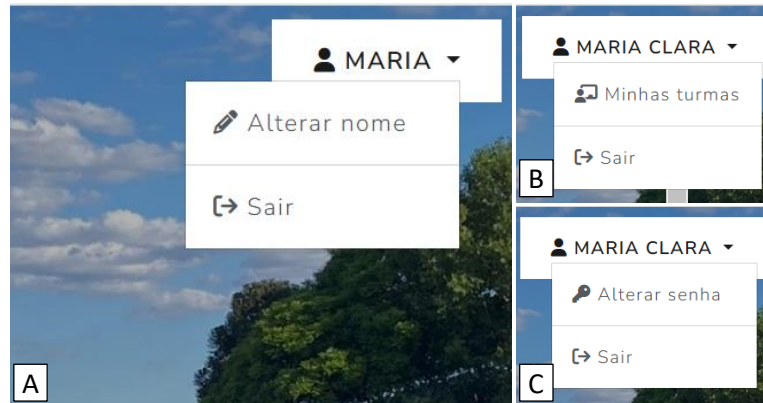


Figura 21. Captura de tela da página inicial docente.



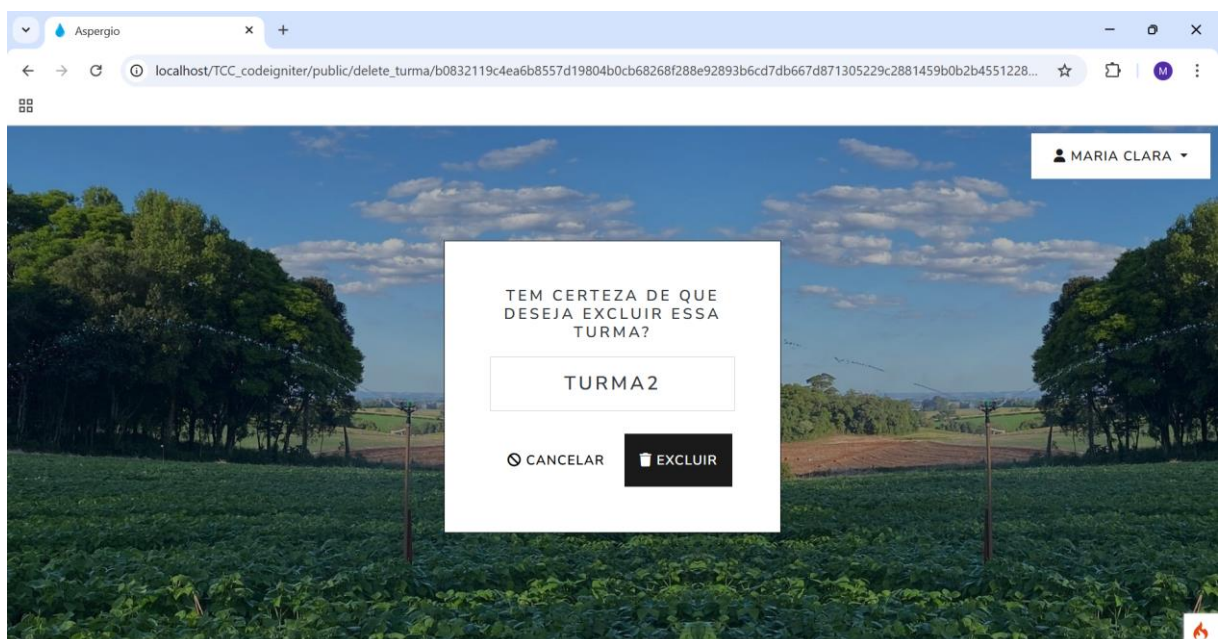
Outra funcionalidade é um botão flutuante que aparece em diversas telas e exibe opções de navegação. No caso dos alunos, o botão permite acessar a tela inicial, alterar o nome cadastrado ou realizar *logout*. Para os professores, o botão oferece acesso às turmas, mudança de senha e *logout* (figura 22).

Figura 22. Captura de tela dos botões flutuantes do aluno (A) e professor (B e C).



No *logout*, as variáveis adicionadas pelo aluno à calculadora são automaticamente excluídas, liberando espaço no banco de dados. Já para os professores, as turmas criadas permanecem no sistema, sendo excluídas apenas de forma manual (figura 23).

Figura 23. Captura de tela da página de confirmação de exclusão de uma turma.



Outra tela criada para os professores foi a tela de detalhes da turma em que o docente pode verificar o nome e senha da turma além de ver o número de alunos e o nome de cada um

(figura 24). Ainda nessa tela, o professor pode criar ou manejar o exemplo que será exibido para a turma e controlar o acesso do aluno à calculadora de sistemas de irrigação (figura 25 e 26).

Figura 24. Captura de tela da página de detalhes da turma mostrando o nome dos alunos registrados.

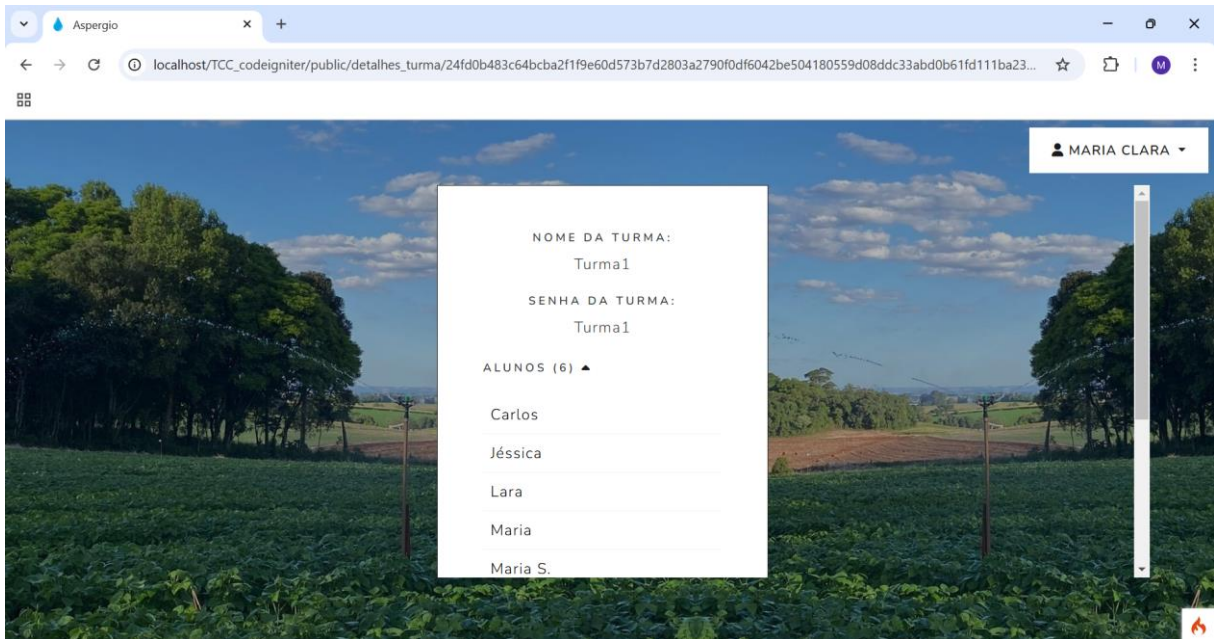


Figura 25. Captura de tela da página de detalhes da turma mostrando os controles do exemplo.

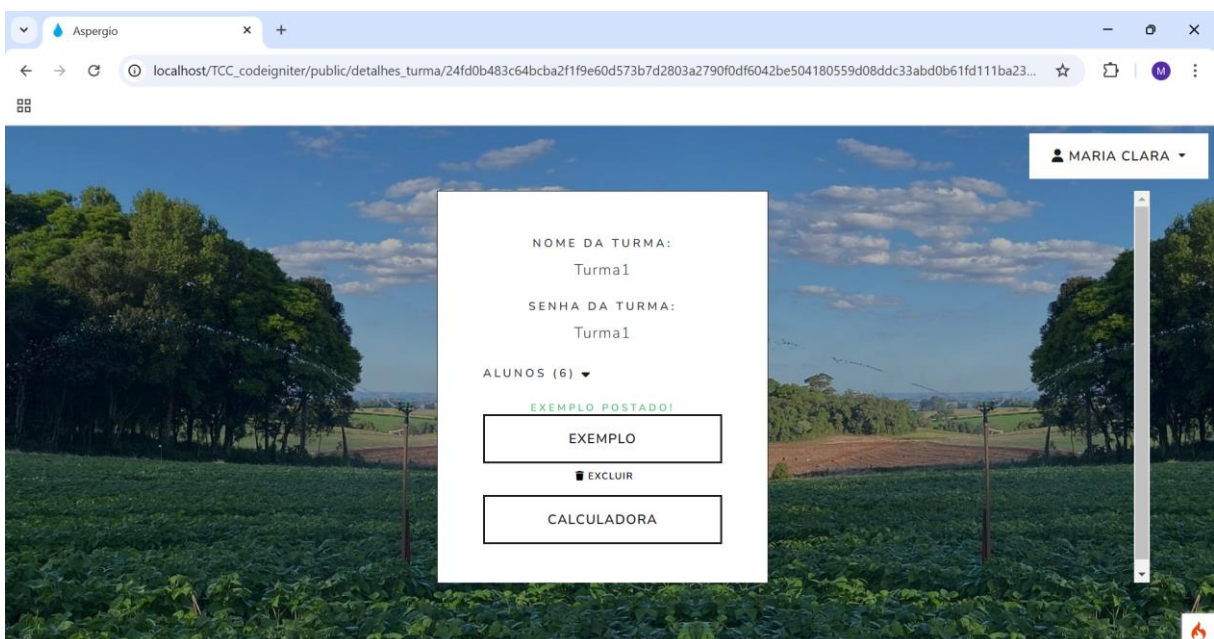
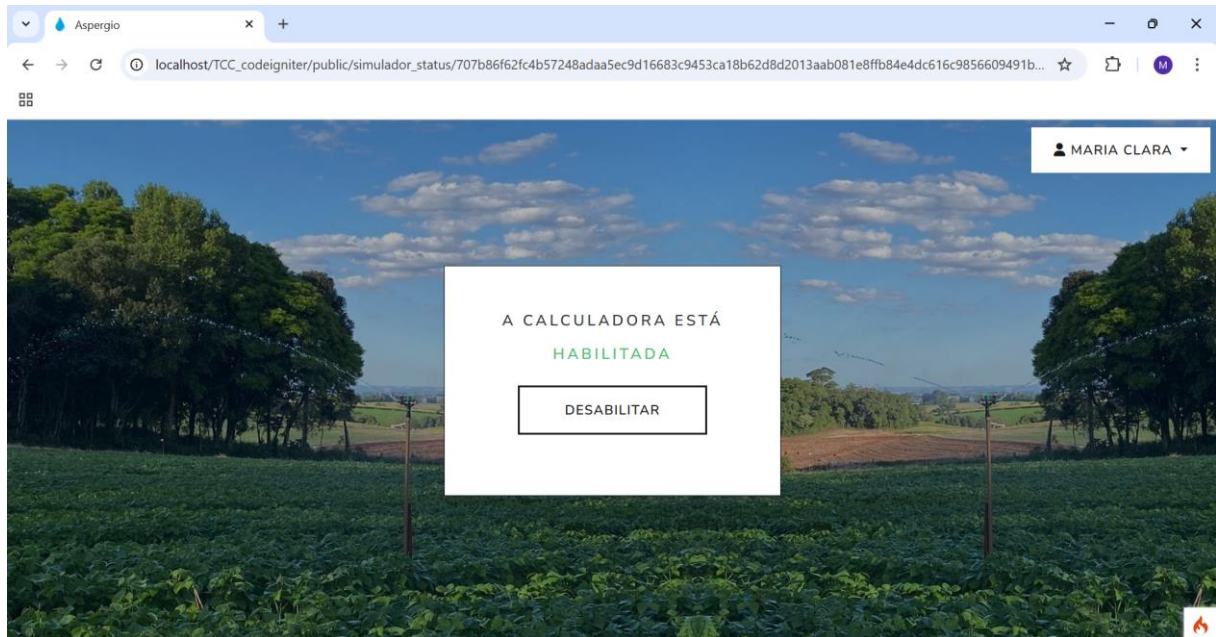


Figura 26. Captura de tela da página de status da calculadora.



O software Aspergio demonstra potencial para contribuir significativamente na formação de estudantes de agronomia, promovendo maior confiança na elaboração de projetos. Ele também apresenta possibilidades de expansão, como a inclusão de outros métodos de irrigação, como gotejamento, e potencial uso comercial, com ajustes para atender às demandas do setor produtivo.

No que tange à *softwares* que desempenhem funções similares, foram encontrados três exemplares: SLIDE; IRRIGAR; Easyspray. O *software* denominado SLIDE tinha como finalidade o dimensionamento de linhas laterais de um projeto de irrigação por aspersão convencional (ANDRINI; SOUZA; SAAD, 2019). Por ter esse enfoque, o SLIDE acaba aprofundando aspectos do dimensionamento que não são tão agudamente trabalhados no Aspergio como, por exemplo, a pressão de trabalho em todo o comprimento da linha lateral.

Similarmente, o *software* IRRIGAR com enfoque no dimensionamento econômico de sistemas de irrigação por aspersão convencional teve um detalhamento maior na parte financeira tendo como principal objetivo a elaboração de projetos visando o ponto ótimo de funcionamento das motobombas (GEISENHOFF *et al.*, 2018). O principal diferencial desse *software* é o fato de que ele calcula o custo de aquisição e utilização do sistema apresentando diferentes opções de projetos por um viés economicamente praticável. Tanto o SLIDE quanto

o IRRIGAR, de forma equivalente ao Aspergio, não apresentam banco de dados, deixando que o usuário insira todos os dados que lhe interessarem.

O *software* Easyspray tem como função principal o dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional em regiões moçambicanas. Ele apresenta uma aplicabilidade parecida com o *software* desenvolvido no presente trabalho se distinguindo no local de aplicação, enquanto o Easyspray tem um banco de dados com informações de solo, culturas e clima de Moçambique, o Aspergio permite a entrada de dados de qualquer região do mundo (TAMBO; THEBALDI; LIMA, 2020).

Comparando diretamente todos os quatro *softwares*, a diferença predominante é que apenas o Aspergio tem enfoque no ensino, apresentando explicações para os cálculos e variáveis enquanto os demais apenas realizam os cálculos e apresentam os resultados. Outro aspecto que difere entre os quatro é o uso de banco de dados para armazenamento de variáveis para os cálculos usado apenas pelo Easyspray. Essa prática facilita no momento de realização dos cálculos, porém, tendo em vista o aspecto educacional do Aspergio, definiu-se que seria mais produtivo se o aluno fosse atrás das próprias variáveis, incentivando a pesquisa e o entendimento da origem de cada informação.

Embora todos os quatro *softwares* apresentem interface intuitiva, o Aspergio possui uma interface mais amigável e sequencial, novamente devido ao seu aspecto educacional, pois permite que o usuário entenda a ordem dos cálculos, possuindo um procedimento mais estruturado e apresentando, ao fim, uma lista dos materiais necessários para instalação do sistema. Outrossim, SLIDE, IRRIGAR e Easyspray são *softwares* locais que requerem *download* e instalação para serem usados enquanto o Aspergio, por sua natureza Web, poderia ser acessado de qualquer dispositivo a qualquer momento desde que se obtenha conexão à internet.

3 CONCLUSÃO

O software não apenas dimensiona os sistemas de irrigação, mas também exerce um papel educacional fornecendo uma explicação detalhada e demonstrando os cálculos envolvidos, facilitando o entendimento dos usuários sobre o funcionamento do sistema.

Além disso, a ferramenta permite a mudança de diferentes variáveis, possibilitando a visualização e análise de múltiplos cenários. Essa flexibilidade é essencial para que os alunos possam aprofundar seu aprendizado e adaptar suas decisões às condições específicas de cada projeto.

Por fim, o potencial de aplicação comercial do software é significativo, visto que pode atender tanto profissionais da área agrícola quanto empresas de irrigação, oferecendo uma solução eficiente e acessível para o planejamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional.

REFERÊNCIAS

ALVES Élvio da S. *et al.* Caracterização de sistema de irrigação por aspersão convencional dimensionado com vazão econômica e prática e diferentes configurações hidráulicas. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 8, p. 2172–2182, 2017. ISSN 1982-7679.

ANDRES, D. P. Um estudo teórico sobre as técnicas de avaliação de um *software* educacional. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. d.].

ANDRINI, M.; SOUZA, C. A. N. de; SAAD, J. C. C.; Software SLIDE para dimensionamento de linhas laterais em irrigação por aspersão convencional. *Irriga, Botucatu, Edição Especial Inovagri*, v. 1, n. 1, p. 18-24, 2019.

BAYABIL, H. K. *et al.* Potential Impacts of Improper Irrigation System Design. *IFAS Extension University of Florida, Department of Agricultural and Biological Engineering*, 2022, n. 4.

BENTO, Evaldo Junior; *Desenvolvimento web com PHP e MYSQL*. 1. Ed. [S.l.]: Casa do código, 2013. ISBN 978-8566250305.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual da Irrigação*. 8. ed. [S.l.]: UFV, 2008. ISBN 85-7269-242-8.

BISCARO, G. A. *Sistemas de irrigação por aspersão*. [S.l.]: UFDG, 2009. ISBN 978-85-61228-35-4.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: Influência do fenômeno el niño oscilação sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, ago. 2008. ISSN 1980-055X.

BROWN, P. J. Software Portability. 2003. Disponível em:
<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1074100.1074809>. Acesso em: 17 jan 2025.

CAI, Y.-S.; YOU, G. J.-Y.; Optimal Irrigation Water Allocation among Different Growth Stages, *EGU General Assembly*, Vienna, Austria, p. 24–28, 2023.

DZHANGAROV, A. I.; PAKHAEV, K. K.; POTAPOVA, N. V.; Modern web application development technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021.

ENGBRETH, G., SAHU, S.K. PHP and MySQL Working Together. *In: PHP 8 Basics*. Apress, Berkeley, CA, 2023.

GARCIA, Rozane Vieira. Sistema radicular de bananeira irrigada por aspersão convencional e microaspersão no projeto Jaiba, MG. 2000. 47 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

GEISENHOFF, L. O., *et al.*; IRRIGAR – Aplicativo computacional para o dimensionamento econômico de sistemas de irrigação por aspersão convencional. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, n. 4, p. 2761-2775, 2018.

HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino. *Manejo da irrigação*. 2022. Disponível em: < <http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/curso3.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

HUSTINAWATI; HIMAWAN, A. K.; LATIFAH; Performance Analysis Framework Codeigniter and CakePHP in Website Creation. *International Journal of Computer Applications*, v. 94, n. 20, p. 6 – 11, 2014.

HUTCHENS, K.; OUDSHOORN, M.; MACIUNAS, K.; Web-Based Software Engineering Process Management. *Proceedings of the Thirtieth Hawaii International Conference on System Sciences*, Wailea, HI, USA, 1997, p. 676-685, v.1.

IRMAK, S.; DJAMAN, K. Basic soil and water resources and irrigation engineering/agricultural water management and related terminology. *Institute of Agriculture and Natural Resources at the University of Nebraska-Lincoln*, 2015.

KAMATCHI, R.; IYER, J.; SINGH, S.; Software Engineering: Web Development Life Cycle. *International Journal of Engineering Research & Technology*, v. 2, n. 3, 2013.

KHAN, S.; KHANAM, A. T.; Study on MVC Framework for Web Development in PHP. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 2023.

KUNZ, Junior; AVILA, Viviane Schons de; PETRY, Mirta. Distribuição temporal e espacial da umidade do solo em sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial. *Revista Monografias Ambientais - Remoa*, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3963-3976, dez. 2014.

LEVIEN, Sergio Luiz Aguilar. *Irrigação por Superfície: Sistema de irrigação por superfície*. Mossoro - Rn: Me, 2003. 20 p

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. *Embrapa*, jun. 1998. ISSN 1415-3033.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de Carvalho e; SILVA, H. R. da. *Irrigação por aspersão em hortaliças: Qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo*. 2. ed. [S.l.]: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. ISBN 978-85-7383-428-4.

MONTICELLI, A. R. *et al.* Aplicabilidade de Softwares Educacionais no Ensino e Aprendizagem. *Revista FSA*, Teresina, v. 19, n. 2m art. 6, p. 116-129, 2022.

MUQOROBIN; RAIS, Nendy A. R.; Comparison of PHP Programming Language with CodeIgniter Framework in Project CRUD. *International Journal of Computer and Information System*, v. 03, n. 03, p. 94-98, ago. 2022.

NUNES, K. G; ARAÚJO, S. M; SILVA, A. R. A; SOUZA, L. S. Irrigação, uma prática que exige prática: uma análise do processo de ensino-aprendizagem na educação profissional. *Revista Principia – Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, João Pessoa, jul. 2022. ISSN 2447-9187. Disponível em: <
<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6862>>. Acesso em: 04 out 2023.

O PRESENTE RURAL. *Área irrigada no Brasil Cresce 18,96% em 2020*; Levantamento realizado pela Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da ABIMAQ aponta que a área incremental irrigada em 2020 é de 249.225 mil hectares contra 209.500 mil em 2019. 2021. Disponível em: < <https://opresenterural.com.br/area-irrigada-no-brasil-cresce-1896-em-2020/>>. Acesso em: 20 mai 2023.

PAULINO, Marney Aparecida de Oliveira et al. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, Ce, v. 3, n. 2, p. 48-54, 15 set. 2009.

PINTO, Ulisses Reis Correia et al. Uniformidade de distribuição de água em aspersão convencional sob diferentes pressões de serviços. *Global Science and Technology*, v. 8, n. 2, 2015.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, The Royal Society, v. 363, n. 1491, p. 447–465, jul 2007.

PUBLICATION, U. N. *World Population Prospects 2022 Summary of Results*: Summary of results. [S.l.]: United Nations, 2022. 52 p. ISBN 9789211483734.

RESENDE, Ronaldo Souza et al. SUSCETIBILIDADE A INTRUSÃO RADICULAR DE GOTEJADORES CONVENCIONAIS NA IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR. *Irriga*, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 150-165, 20 mar. 2004.

RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. *Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável*. 1. ed. [S.l.]: INOVAGRI, 2017. ISBN 978-85-67668-10-91.

RONAK, J. et al. Modern Web Development using CSS & HTML. *International Journal of Emerging Science and Engineering*. V. 12, n. 6, 2024.

ROSA, L. et al. Closing the yield gap while ensuring water sustainability. *Environmental Research Letters*, IOP Publishing, v. 13, n. 10, p. 104002, set 2018.

SARHAN, Q. I.; GAWDAN, I. S.; Web Applications and Web Services: A comparative study. *Science Journal of University of Zakho*, v. 6, n. 1, p. 35-41, 2018.

SILVA, César Antônio da; SILVA, Cicero Jose da. AVALIAÇÃO DE UNIFORMIDADE EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Publicação Científica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça/Faef, n. 8, dez. 2005. Semestral.

SILVA, Maurício Samy; *Criando sites com HTML: sites de alta qualidade com HTML e CSS*. 1 ed. São Paulo: Novatec Editora, 2008. ISBN 978-85-7522-166-2.

SOLANKI, Nilesh; SHAH, Darshil; SHAH, Aakash; A survey on different Framework of PHP. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, v. 6, n. 6, p. 155-158, jun. 2017.

THAMBO, F. L. R.; THEBALDI, M. S.; LIMA, L. A.; Easyspray: software para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional em regiões moçambicanas. *Rev. Ges. Água Am. Lat.*, Porto Alegre, v. 17, n. 14, 2020.