



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal Catarinense
Campus Rio do Sul

BRUNA LUIZA CORREIA
PEDRO DANIEL DE OLIVEIRA HOELLER

**SISTEMA DE ANÁLISE DA SOJA PARA RECOMENDAÇÃO DE TRATAMENTO
DE CORREÇÃO DO SOLO DAS SAFRAS DE TAL CULTURA**

Rio do Sul - SC
2021

**BRUNA LUIZA CORREIA
PEDRO DANIEL DE OLIVEIRA HOELLER**

**SISTEMA DE ANÁLISE DA SOJA PARA RECOMENDAÇÃO DE TRATAMENTO
DE CORREÇÃO DO SOLO DAS SAFRAS DE TAL CULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de técnico em informática do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Rio do Sul para obtenção do título de bacharel em técnico em informática.

Orientadora: Paula Fabiane Martins, Dr.
Co-orientador: Eduardo Bidese, MSc.

Rio do Sul - SC

2021

**BRUNA LUIZA CORREIA
PEDRO DANIEL DE OLIVEIRA HOELLER**

**SISTEMA DE ANÁLISE DA SOJA PARA RECOMENDAÇÃO DE TRATAMENTO
DE CORREÇÃO DO SOLO DAS SAFRAS DE TAL CULTURA**

Este Trabalho de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em informática e aprovado em sua forma final pelo curso de técnico em informática do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Rio do Sul Unidade Urbana.

Rio do Sul (SC), 24 de janeiro de 2021.

Prof. e orientadora Paula Fabiane Martins, Dr.
Instituto Federal Catarinense - Campus Rio do Sul

Prof. e co-orientador Eduardo Bidese Puhl, MSc.
Instituto Federal Catarinense - Campus Rio do Sul

RESUMO

A soja, hodiernamente, configura-se como o produto de maior valor para a economia brasileira. Não obstante, o preço de produção da própria é eximamente caro, dado que os adubos e fertilizantes são custosos. Para abordar este problema, no presente projeto foi desenvolvido um sistema web que é capaz de auxiliar os agricultores do alto vale do Itajaí a gerar safras de soja mais produtivas, por meio da indicação de um tratamento de solo adequado. Dessa forma, o projeto tem como intuito identificar as necessidades fisiológicas da planta soja, indicar uma possível solução às necessidades elencadas, de forma a diminuir os desperdícios de adubos e fertilizantes e, por conseguinte, aumentar a produtividade da lavoura.

Palavras-chave: Tratamento de solo. Necessidades fisiológicas. Produtividade.

ABSTRACT

Soy, currently, is the most valuable product for the Brazilian economy. However, its own production price is extremely expensive, as fertilisers and fertilisers are expensive. To address this problem, the present project has developed a web system that is able to help farmers in the upper Itajaí valley to generate more productive soybean crops, by indicating an appropriate soil treatment. Thus, the project aims to identify the physiological needs of the soybean plant, to indicate a possible solution to the needs listed, in order to reduce the waste of fertilizers and fertilizers and, therefore, to increase the productivity of the crop.

Keywords: Soil treatment. Physiological needs. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico dos maiores exportadores de soja do mundo.....	12
Figura 2 – O que a soja representa para o agronegócio brasileiro (valor bruto da produção agrícola).....	13
Figura 3 – Laudo de análise do solo.....	14
Figura 4 –Tabela de custos para a produção de soja.....	15
Figura 5 – Consumo brasileiro de fertilizantes.....	16
Figura 6 – Desenvolvimento da cultura da soja.....	21
Figura 7 – Estrutura da soja em estádio V2.....	21
Figura 8 – Fotoperíodo (h) ao longo do ano em função da latitude do local.....	24
Figura 9 – Sensor de umidade do solo.....	27
Figura 10 – Representação do processo de coleta da amostra de solo.....	34
Figura 11 – Níveis de alguns dos elementos obtidos para análises de solo e sua interpretação para a cultura da soja.....	35
Figura 12 – Mapa dos solos do estado de Santa Catarina.....	35
Figura 13 – MER do sistema.....	54
Figura 14 – Protótipo de tela para cadastro de agricultor.....	54
Figura 15 – Protótipo de tela para login de agricultor.....	54
Figura 16 – Protótipo de tela inicial.....	56
Figura 17 – Protótipo de área do agricultor, subárea meus dados.....	56
Figura 18 – Protótipo de área do agricultor, subárea atualizar dados.....	57
Figura 19 – Protótipo de área da soja.....	57
Figura 20 – Protótipo de área da lavoura de soja.....	58
Figura 21 – Protótipo de cadastro de lavoura de soja.....	58
Figura 22 – Protótipo de visualização de lavoura de soja.....	59
Figura 23 – Protótipo de alteração de dados da lavoura.....	59
Figura 24 – Protótipo de visualização dos resultados dos sensores.....	60
Figura 25 – Protótipo de área da planta de soja, subárea escolha da lavoura.....	60
Figura 26 – Protótipo de área da planta de soja.....	61
Figura 27 – Diagrama de cadastro de agricultor.....	61
Figura 28 – Diagrama de cadastro de lavoura.....	62
Figura 29 – Código para validação das informações preenchidas nos cadastros.....	65
Figura 30 – Validação das operações de cadastro.....	65

Figura 31 – Código para validação das informações preenchidas nos cadastro de lavoura.....	66
Figura 32 – Validação das operações de cadastro de lavoura.....	66
Figura 33 – Equação geral para obter-se a quantidade necessária de determinado elemento..	67
Figura 34 – Equação do coeficiente baseado em massa molar.....	67
Figura 35 – Exemplo de aplicação da equação geral.....	67
Figura 36 – Protótipo de código de adubação para K.....	68
Figura 37 – Código e sua execução na ferramenta Jupyter Lab.....	69
Figura 38 – Representação visual da regressão linear.....	70
Figura 39 – Tela atual de login.....	71
Figura 40 – Tela atual de cadastro de agricultor.....	71
Figura 41 – Tela atual de cadastro de lavoura.....	72
Figura 42 – Tela atual de cadastro de documento de análise do solo.....	73
Figura 43 – Tela principal da lavoura.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IA – Inteligência Artificial

ML – Machine Learning

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 APRESENTAÇÃO	12
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO	15
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo Geral	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 METODOLOGIA	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 A SOJA	20
2.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS IDEAIS A CULTURA	21
2.2.1 Disponibilidade de água	22
2.2.2 Exigências térmicas	22
2.2.3. Exigências fotoperiódicas	23
2.2.4 Incidência de radiação solar	24
2.2.5 Escolha do terreno	25
2.3 UMIDADE DO SOLO IDEAL PARA O CULTIVO DA CULTURA	26
2.4 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO	26
2.5 EXIGÊNCIAS MINERAIS E ADUBAÇÃO DA CULTURA DE SOJA	27
2.5.1 Adubação	27
2.5.1.1 Nitrogênio	27
2.5.1.2 Fósforo e potássio	28
2.5.1.3 Adubação com enxofre	30
2.5.1.4 Adubação com micronutrientes	31
2.5.1.5 Adubação foliar com macro e micronutrientes	32
2.5.1.6 Fixação biológica de molibdênio e cobalto	32
2.6 ANÁLISE DO SOLO	33
2.7 SOLO DO ALTO VALE DO ITAJAÍ	35
2.8 MACHINE LEARNING	36

2.9 I.A OU INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	36
2.10 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO E BIBLIOTECAS	37
2.10.1 XML	37
2.10.2 HTML	38
2.10.3 JavaScript	38
2.10.4 PHP	39
2.10.5 OpenWeather	39
2.10.6 AJAX	39
2.10.7 C	40
2.10.7 Python	40
2.10.8 Bibliotecas Panda e Sklearn	40
2.10.9 Banco de dados MySQL	41
2.10.10 Apache	42
2.10.11 Front-end (MATERIALIZE, CSS e JS)	42
2.11 FERRAMENTAS	43
2.11.1 Sublime Text	43
2.11.2 Arduino IDE	43
2.11.3 .XAMPP	44
2.11.4 JupyterLab	44
2.11.5 MySQL Workbench	44
2.12 SISTEMA INTEGRADO DE HARDWARE E SOFTWARE	44
2.12.1 Arduino	45
2.12.2 GSM SIM800L	45
2.12.3 Sensor de umidade do solo (higrômetro)	45
2.12.3 Sensor de temperatura (DHT11)	46
3 DESENVOLVIMENTO	47
3.1 MODELAGEM	47
3.1.1 Requisitos funcionais	47
3.1.2 Requisitos não funcionais	48

3.1.3 Regras de negócio	50
3.2 BANCO DE DADOS	53
3.3. PROTOTIPAÇÃO	54
3.4. DIAGRAMA DE PROCESSOS	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
5 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Consoante informação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) referente ao ano de 2014, o Brasil constitui-se no segundo maior exportador de soja do mundo (Figura 1). Na safra de 2016/2017, o país contou com uma área para plantio de 33,89 milhões de hectares, gerando aproximadamente 113,92 milhões de toneladas de soja. Estipulou-se que em média produz-se 3.362 kg de soja por hectare e que o preço mediano de tal produto vale 2,75 R\$/Kg (Embrapa, 2017). Assim, averigua-se que a cultura da soja é de extrema importância para a economia brasileira (Figura 2).

Figura 1 - Gráfico dos maiores exportadores de soja do mundo



Fonte: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (2017).

Figura 2 - O que a soja representa para o agronegócio brasileiro (valor bruto da produção agrícola)



Fonte: Gilberto Fugimoto, A Importância da Soja na Economia Brasileira e na Segurança Alimentar (2016, p. 25).

Entretanto, o custo da produção de soja é algo eximamente caro, valendo, em média, 3.466,74 R\$/Hectare. Vale ressaltar que o quesito que requer maior gasto na plantação de soja é o fertilizante: se gasta em média 724,73 R\$/hectare (~20% dos gastos para a plantação). Contudo, o fertilizante é indispensável, haja vista que caso este falte, a safra será menos lucrativa. Há também que considerar que o uso em excesso, ademais de tornar a safra mais custosa, torna a soja mais predisposta às doenças, excesso de vigor, estresse por salinidade, toxidez, entre outros (ELYSIOS, 2019).

Outro problema vigente na área de agronomia, conjuntamente às tecnologias da informação, especialmente Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning (ML), é a falta de estruturas normalizadas para a criação, inserção e consulta de dados referentes ao campo. Para que as tecnologias da informação funcionem, é necessária uma grande quantidade de dados, os quais atualmente não estão sendo obtidos pelas lavouras e enviados para algum servidor de código aberto (Open Source). Por conseguinte, há geração de atrasos na evolução das IAs e programas de MLs referentes à lavoura.

Tendo em vista o exposto, verificou-se a necessidade da produção de um software que analise as necessidades fisiológicas e biológicas da soja, a fim de oportunizar uma maior

lucratividade aos produtores das safras de tal espécie. A identificação dessas insuficiências se dará por meio de um dispositivo que terá a função de verificar a umidade do solo.

Ademais, far-se-á uso da análise de solo, procedimento utilizado de forma recorrente no momento anterior ao plantio, principalmente com intuito de aferir qual é a textura do solo, ou seja, seu teor de argila. Tal análise indica quanto o solo pode fornecer de determinado nutriente e é feita por meio da coleta de amostras de terra, as quais representarão extensas áreas. É necessário haver a coleta correta do solo e, posterior a isso, o envio para um laboratório, onde profissionais da área poderão fazer a correta análise, apontando as concentrações de metais, ametais, pH e outros dados fundamentais para a correção e futuro tratamento do solo (AGEITEC, 2008).

Figura 3 - Laudo de análise do solo

Laudo de Análise de Solo												
Solicitante: ANATEC - BIO NORDESTE.	Data: 27/06/2014											
Proprietário: NELSON MERICOLA	Telefone: (34) 3087-5150											
Propriedade: MORADA DO SOL	Convênio: AMTEC											
Município: Uberlândia - MG	Laudo Nº: 1751/2014											
Cod. Lab.: 10872/2014	Amostra: ÁREA PLANTIO (00-20 CM)											
												
Resultados da Análise Química:												
pH H ₂ O pH CaCl ₂ pH KCl 1 : 2,5	C.E. mS.	P meh. P prem. P res.	P total mg dm ⁻³	Na ⁺	K ⁺	S-SO ₄ ⁼	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al cmolc dm ⁻³	
5,2 4,7 ns	ns	2,6 37,0 2	ns ns 76 9				0,19	1,0	0,3	0,50	2,80	
SB t T cmolc dm ⁻³	V m %	Relação entre bases: Ca/Mg Ca/K Mg/K Ca+Mg/K				Relação entre bases e T (%): Ca/T Mg/T Na/T K/T H+Al/T Ca+Mg/T Ca+Mg+Na+K/T						
1,48 1,98 4,28	35 25	3,4 5,3 1,5 6,8				23 7 ns 4 65 30 35						
M.O. dag kg ⁻¹	B Cu Fe Mn Zn	mg dm ⁻³	Co Mo	mg dm ⁻³	Si	mg kg ⁻¹						
2,4	0,65 3,1 15 6,0 0,7		ns ns		ns							

Fonte: Paula Fabiane Martins, 2021.

Com base nos conhecimentos das concentrações ideais de água e sais minerais no ambiente favorável ao desenvolvimento adequado da soja, nos resultados apresentados pelo dispositivo e pela análise do solo, será possível indicar procedimentos e tratamentos, como o uso de suplementos e fertilizantes, visando o alcance desse ambiente. Importante ressaltar que será imprescindível o estudo do clima da região onde está situado o nosso objeto de estudo: safras de soja de Santa Catarina. Ademais, o software irá contribuir para a integração da tecnologia da informática e do campo, facilitando posteriormente a coleta de dados e disponibilizando estes de forma Open Source.

O sistema será desenvolvido em Ajax juntamente ao PHP (um acrônimo recursivo para PHP: Hypertext Preprocessor). Contudo, a Inteligência Artificial, parte do sistema que irá analisar e tomar decisões pelo usuário, será desenvolvida em Python, uma linguagem de programação de alto nível, fazendo-se uso de uma biblioteca de análise de dados, a biblioteca Pandas, junto às bibliotecas SkLearn ou Scikit-learn, a qual é voltada a criação de modelos supervisionados e não-supervisionados, além de um modelo Auto ML. Importante ressaltar que haverá auxílio de uma base de dados, a qual será desenvolvida em MySql.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Sabe-se que a produção de soja é algo extremamente rentável. Desta forma, o custo de produção deve ser igualmente dispendioso, assim como o valor final da soja. Consoante a Embrapa (2017), averiguou-se que o custo estimado para soja é de 3.405,70 R\$/hectare a 3.546,10 R\$/hectare, como pode ser visto na tabela abaixo (Figura 4).

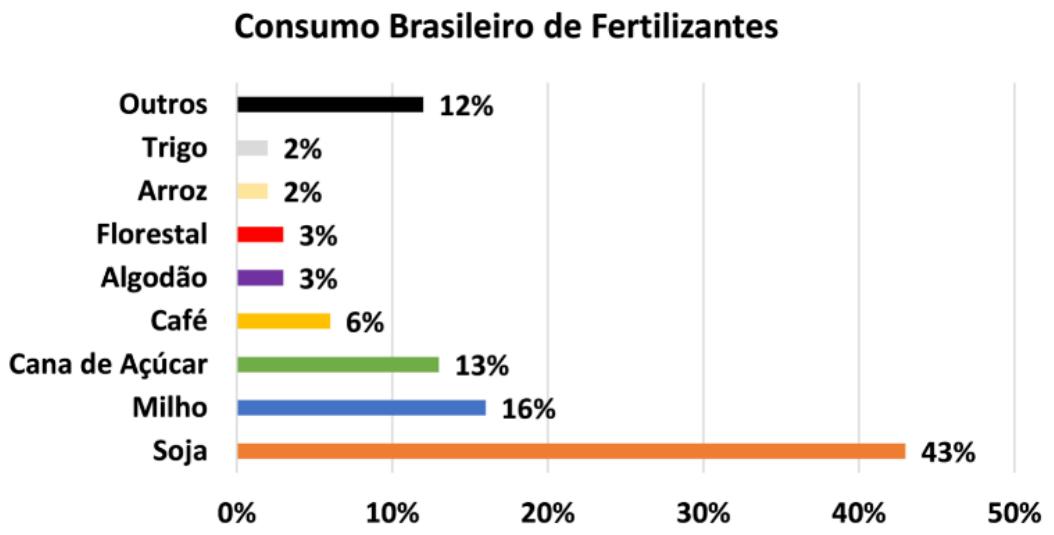
Figura 4 - Tabela de custos para a produção de soja

Componente do custo	Soja RR		Soja IPRO		Soja convencional	
	(R\$ ha ⁻¹)	%	(R\$ ha ⁻¹)	%	(R\$ ha ⁻¹)	%
Custo variável	2.655,55	77,98	2.698,26	78,25	2.795,95	78,85
Sementes	217,35	6,38	341,04	9,89	278,30	7,85
Inoculante	5,72	0,17	5,72	0,17	5,72	0,16
Corretivos	128,40	3,77	128,40	3,72	128,40	3,62
Fertilizantes	724,73	21,28	724,73	21,02	724,73	20,44
Herbicidas	157,21	4,62	157,21	4,56	200,23	5,65
Inseticidas	263,86	7,75	157,80	4,58	263,86	7,44
Fungicidas	258,73	7,60	258,73	7,50	258,73	7,30
Adjuvantes	35,77	1,05	35,77	1,04	35,77	1,01
Operações agrícolas	317,06	9,31	317,06	9,19	317,06	8,94
Custos administrativos	546,72	16,05	571,80	16,58	583,15	16,44
Custo fixo	133,03	3,91	133,03	3,86	133,03	3,76
Manutenção de benfeitorias	11,90	0,35	11,90	0,35	11,90	0,34
Depreciações	121,13	3,56	121,13	3,51	121,13	3,42
Custo operacional total	2.788,58	81,89	2.831,29	82,11	2.928,98	82,61
Remuneração dos fatores	617,12	18,11	617,12	17,89	617,12	17,39
Custo total	3.405,70	100,00	3.448,41	100,00	3.546,10	100,00

Fonte: Alceu Richetti, Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2019/2020, na região centro-sul de Mato Grosso do Sul (2019, p. 4).

Constata-se, por meio do gráfico acima (Figura 4), que os fertilizantes ocupam a maior porcentagem dos gastos individuais, depreendendo assim que a produção da soja é absurdamente custosa, o que dificulta a produção para pequenos agricultores. Ademais, comparado a outras culturas, a produção de soja é a que mais consome fertilizante (Figura 5).

Figura 5 - Consumo brasileiro de fertilizantes



Fonte: Agropós (2020).

Outrossim, há de se ter em mente as consequências que decorrem do excesso de utilização de fertilizantes, tais como: predisposição à doenças, excesso de vigor, estresse por salinidade, toxidez, elevação do PH, degradação da qualidade do solo, poluição das fontes de água e da atmosfera e aumento da resistência de insetos considerados pragas para as plantações (ELYSIOS, 2019).

Há de se considerar também a saúde humana, tendo em conta que a intoxicação por fertilizantes não é incomum: tal fenômeno é recorrente e pode trazer deficiências e complicações para a vida toda, caso a pessoa não venha a óbito, pode ocorrer o desenvolvimento de alergias, problemas renais, respiratórios e até mesmo de condições neurológicas como paranóia, psicose e longos períodos de confusão mental, impossibilitando a pessoa de raciocinar (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Todavia, caso estes produtores obtivessem um software com capacidade de estipular a qualidade do solo, por meio do estudo da fisiologia e das necessidades da soja, bem como o estudo da análise de terra, tornar-se-ia viável a criação de propostas de melhores soluções de coerção de solo, fazendo-se uso de fertilizantes e visando uma safra mais lucrativa.

Entretanto, comprehende-se que o maior problema, na junção das tecnologias da informação e a agricultura, é a falta de dados, o que impede a realização de simulações avançadas do campo. Define-se IA ou Inteligência Artificial como: “[...] máquinas capazes de executar tarefas características da inteligência humana.” (SCHADE, 2018). De forma

semelhante, determina-se o que são softwares de Machine Learning ou ML: “[...] uma área da ciência da computação que concede aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados.” (SCHADE, 2018).

Por meio dos conceitos apresentados, determina-se que IAs são softwares que englobam as tecnologias ML. Posterior a isso, averigue-se uma relação de dependência entre ambos e constata-se que o software de machine learning, bem como a inteligência artificial, precisa indispensavelmente de uma grande base de dados. Assim, tendo em vista a necessidade da criação de um banco de dados Open Source, contendo registros relacionados à área agrícola, o presente projeto compromete-se em desenvolver registros para compor tal banco de dados.

1.3 JUSTIFICATIVA

A criação do projeto “SojaPlus” impulsiona os alunos ao desenvolvimento de um programa de Machine Learning, logo, fazendo-os encarar os desafios no processo e possivelmente solucioná-los.

No decorrer do desenvolvimento do projeto, questões como a de falta de dados Open Source de safras e lavouras, fará com que seja necessário desenvolver uma solução, a qual irá não somente ajudar a conclusão de trabalho dos mesmos, mas facilitar e normatizar a estrutura de dados para os próximos desenvolvedores ou estudantes que buscam dados para seus próprios projetos, facilitando o processo e impulsionando a evolução da área de IA e ML envolvida com agronomia.

Em relação aos custos para a produção de soja, averiguou-se que 20% do valor necessário são direcionados aos fertilizantes. Por conseguinte, um software com funcionalidades que visem o equilíbrio do uso dos mesmos e a redução do desperdício, poderia reduzir o gasto direcionado à produção, gerando assim maior lucratividade aos produtores.

Ademais, o projeto, sendo utilizado no campo, irá informar como a utilização de fertilizantes deve se dar, sugerir propostas mais saudáveis para os agricultores e, consequentemente, diminuir a ocorrência de intoxicação, contribuindo, assim, para o bem estar da população.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema capaz de auxiliar os agricultores do alto vale do Itajaí a gerar safras de soja mais produtivas.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são os seguintes:

- a) Analisar as necessidades fisiológicas da soja.
- b) Averiguar as taxas dos componentes minerais e não minerais dos solos da região do alto vale do Itajaí.
- c) Implementar sensores de umidade do solo nas safras de soja da região do alto vale do Itajaí.
- d) Indicar possíveis soluções, através de fertilizantes, defensivos agrícolas e suplementos, para o tratamento dos solos nas safras de soja da região do alto vale do Itajaí.
- e) Desenvolver um “framework” de IA/ML que monitorize o desenvolvimento e crescimento da soja.

1.5 METODOLOGIA

O presente documento apresenta como suas etapas embasamento teórico, desenvolvimento e publicação de resultados, contando sempre com a supervisão dos professores orientadores e co-orientadores.

Em um primeiro momento, na etapa de embasamento teórico, cujo conteúdo é os estudos relacionados ao tema do presente trabalho, utilizou-se diversos artigos acadêmicos, trabalhos científicos renomados ante a comunidade acadêmica, entre outros materiais. É de suma importância ressaltar que tais dados foram auferidos por meio de pesquisas em ferramentas confiáveis e não suspeitas de constituírem-se em *fake news*.

Sob esse viés, ressalta-se que o objeto de estudo de tal embasamento foram as necessidades fisiológicas da soja, importância da cultura da soja para a economia brasileira,

bem como a análise do solo, o solo da região do Alto Vale do Itajaí, IA e sensores. Uma vez ciente das temáticas, desenvolveram-se as funcionalidades que constituem o sistema.

Fora realizada uma entrevista com o engenheiro agrônomo, e doutor em agronomia/agricultura, Gustavo Castoldi. O próprio possui experiência nas áreas de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral de plantas, validação e posicionamento de fertilizantes, sistemas de produção e ciclagem de nutrientes, e no uso de drones na agricultura, com ênfase em manejo do nitrogênio. Devido a isso, o engenheiro pôde auxiliar no projeto, de forma a assistir o delineamento do escopo do mesmo e a análise da de tal sistema.

Atualmente Gustavo é professor do Instituto Federal Goiano, vinculado ao Polo de Inovação, e gestor de prospecção e oportunidades da Unidade Embrapii da Instituição. Isto posto, averigua-se que o mesmo possui propriedade para discorrer a respeito da demanda que um projeto tem ou não para uma região. Por meio da entrevista, compreendeu-se que o sistema possui relevância social imperiosa e será de grande uso para os agricultores de safras de soja do Alto Vale do Itajaí.

No que se refere à parte de desenvolvimento, o sistema Web fora desenvolvido em Ajax, conjunto de usos metodológicos de tecnologias como Javascript e XML, e PHP, num ambiente de desenvolvimento local, o XAMPP, adjunto de um editor de texto, o Sublime Text. Idealizando um processo lento de desenvolvimento, para haver o mínimo possível de erros, utilizou-se o método de desenvolvimento Scrum, com auxílio de ferramentas como ScrumHalf.

Após o sistema Web estar devidamente desenvolvido e sem presença de erros, concebeu-se a inteligência artificial, a qual se desenvolveu na linguagem de programação Python, junto às bibliotecas Pandas e Sklearn, com auxílio da ferramenta de desenvolvimento local Jupyter Lab. Ao fim do desenvolvimento da IA, condensou-se os sistemas, Web e IA, e, então, o projeto entrou na fase de testes.

No tocante à fase de testes, coletou-se dados para verificação da confiabilidade e assertividade do software, por meio das análises do solo, banco de dados e formulários constituídos pela opinião dos agrotécnicos e engenheiros da área. Tais testes ocorreram por meio do uso da ferramenta livre “XAMPP”, uma vez que o PHP é Server side e necessita de um servidor para ser executado. Além disso, um navegador foi necessário para a visualização do conteúdo desenvolvido, logo, o Google Chrome também foi utilizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A SOJA

O grão oleaginoso da soja tem uma produção expressiva tanto no contexto nacional como no mundial. Com isso, o seu uso tem se expandido significativamente, tanto na produção de óleos, como na alimentação humana e animal (NONATO, 2016). A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma espécie de leguminosa que teve origem no continente asiático, na região conhecida como a China Antiga (NONATO, 2016 apud DIEHL, 1997). Tal planta foi domesticada há cerca de 4500-4800 anos na região com o objetivo de utilizar o grão na dieta humana (LOPES, 2013 MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

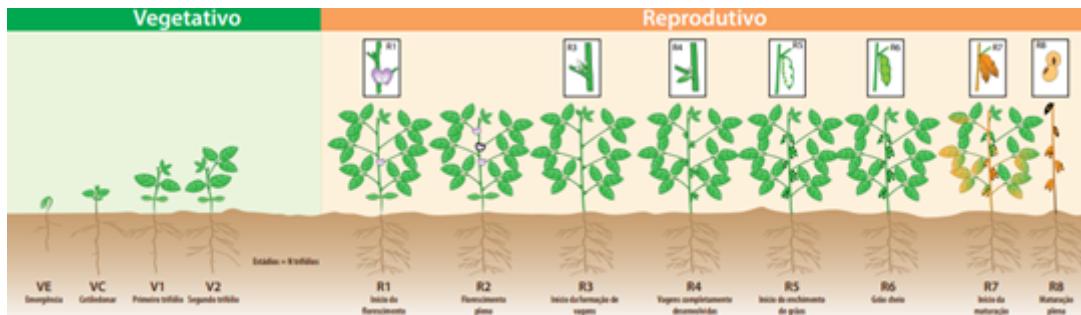
A cultura difundiu-se em áreas europeias, seguindo para as Américas, e por fim ao Brasil no final do século XIX (NONATO, 2016 apud DIEHL, 1997). No Brasil passou a ser utilizada como cultura somente a partir de meados do século XX, por conta da demanda de matéria prima para a indústria, que necessitava de óleos vegetais, e devido aos subsídios políticos para exportação de produtos nacionais. Atualmente, as atividades sojícolas se expandiram de tal forma que a planta passou a ser cultivada em praticamente todo o território nacional (NONATO, 2016).

Dentre os cultivos brasileiros, os grãos de soja possuem um dos maiores teores de proteínas com um baixo custo de produção quando comparado às outras culturas (NONATO, 2016 apud OCEPAR, 1994; EMBRAPA, 1999). Destarte, o agronegócio brasileiro pode ser considerado uma atividade bem sucedida e encontra-se em plena expansão. Nesse contexto, a soja se destaca no campo como uma das grandes potências, inclusive no que diz respeito à exportação, seja ela através da soja em grão, farelo de soja, óleo de soja ou biodiesel (PICCOLI, 2018).

O óleo proveniente dos grãos é um dos principais e mais importantes subprodutos da soja. Contudo, outros têm importância igualitária, assim como a lecitina de soja emulsificadora e os ingredientes à base da proteína de soja: farinha de soja, concentrados de soja e isolados de soja, que são altamente utilizados para fins alimentícios e industriais (PICCOLI, 2018). Em sua composição química, as plantas de soja, possuem compostos isoflavonóides que desempenham importantes funções biológicas, tais como atividade antioxidante (NONATO, 2016 apud EZAKI et al., 1999) e anticancerígena (NONATO, 2016 apud DENIS et al., 1999).

Sob esse viés, é de suma importância explanar a fisiologia da planta. Trata-se de uma herbácea cuja estrutura é formada pelo conjunto de raízes e parte aérea, sendo seu desenvolvimento dividido em dois períodos (Figura 6), o estádio vegetativo (V) e o estádio reprodutivo (R) (LOPES, 2013 apud MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

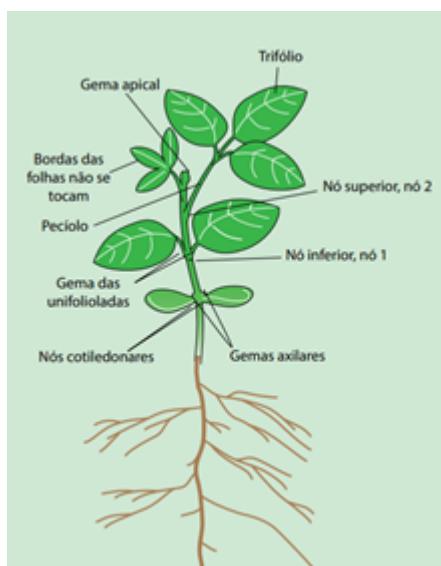
Figura 6 – Desenvolvimento da cultura da soja



Fonte: Mais Soja, 2020.

Deve ser destacado que, segundo a Embrapa (2011), a soja pertence à classe das dicotiledôneas, família leguminosa e subfamília Papilionoides. O sistema radicular é pivotante, com a raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número (Figura 7)(PICCOLI, 2018).

Figura 7 – Estrutura da soja em estádio V2



Fonte: Mais Soja, 2020.

2.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS IDEAIS A CULTURA

Para o bom desenvolvimento da cultura da soja em uma determinada região é necessário, entre outras coisas, condições climáticas como a precipitação, temperatura, fotoperíodo, incidência de radiação solar e terreno favoráveis (LOPES, 2013 apud GIANLUSSI et al., 2009).

2.2.1 Disponibilidade de água

A água constitui aproximadamente 90% do peso da planta e atua praticamente em todos os processos fisiológicos e bioquímicos, sendo de grande importância principalmente em dois períodos de desenvolvimento da soja: a fase de germinação/emergência e floração/enchimento de grãos (LOPES, 2013 apud EMBRAPA, 2011; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

No primeiro período tanto o excesso de água quanto o déficit são prejudiciais à cultura uma vez que a semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar boa germinação, sendo que nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50% (LOPES, 2013 apud EMBRAPA, 2011; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Durante o desenvolvimento da cultura a necessidade de água vai aumentando, atingindo o máximo durante a floração/enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo logo após esse período (LOPES, 2013 apud EMBRAPA SOJA, 2011; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Déficits hídricos significativos durante a floração e o enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas, causando queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, consequentemente reduzindo o rendimento de grãos (LOPES, 2013 apud EMBRAPA, 2011). A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, ao que se refere à necessidade hídrica varia entre 450 a 800 mm/ciclo (LOPES, 2013 apud EMBRAPA, 2011).

2.2.2 Exigências térmicas

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento da soja está entre 20°C e 30°C. Sob temperaturas menores ou iguais a 10°C ou temperaturas acima de 40°C, a soja sofre redução de crescimento ou distúrbios na floração e diminuição na capacidade de retenção de vagens (EMBRAPA, 2005). A temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30° C (LOPES, 2013 apud GIANLUPPI et al., 2009; EMBRAPA, 2011; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Já faixa de temperatura do solo adequada para semeadura varia de 20°C a 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para rápida e uniforme emergência das plântulas (LOPES, 2013 apud GIANLUPPI et al., 2009; EMBRAPA, 2011).

O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo em temperaturas menores ou iguais a 10°C. Acima de 40°C ocorre efeito adverso na taxa de crescimento provocando danos na floração e diminuindo a capacidade de retenção de vagens (LOPES, 2013 apud GIANLUPPI et al., 2009; EMBRAPA, 2011; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

A floração da soja somente é induzida com temperaturas acima de 13°C, sendo importante ressaltar que as diferenças da data de floração, entre cultivos, apresentadas por uma mesma cultivar semeada na mesma época e latitude, são devido às variações de temperatura que pode ser agravado caso haja insuficiência hídrica e/ou fotoperiódica durante a fase de crescimento (LOPES, 2013 apud GIANLUPPI et al., 2009; EMBRAPA, 2011).

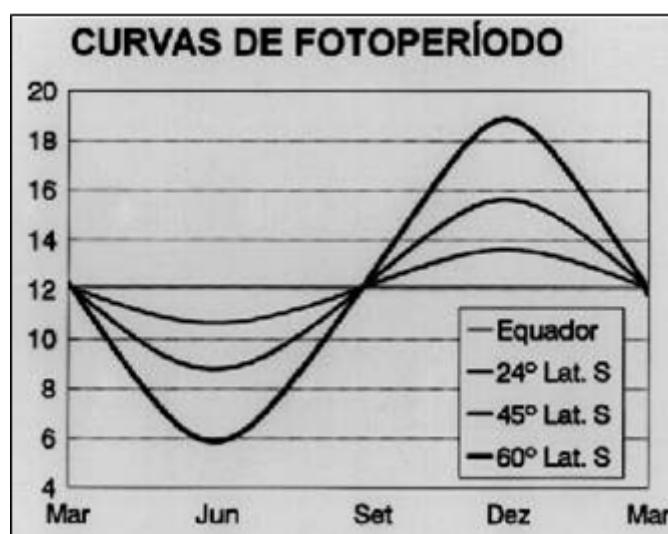
A maturação pode ser acelerada pela ocorrência de altas temperaturas e, quando associadas a períodos de alta umidade contribuem para diminuir a qualidade das sementes (LOPES, 2013 apud GIANLUPPI et al., 2009). Quando exposta as baixas temperaturas associadas a períodos chuvosos ou de alta umidade, a maturação pode atrasar e ainda causar haste verde e retenção foliar (LOPES, 2013 apud FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

2.2.3. Exigências fotoperiódicas

A soja apresenta alta sensibilidade ao fotoperíodo, o comprimento do dia, (Figura 8) variável com a cultivar, ou seja, determinada cultivar é induzida ao florescimento quando o fotoperíodo, ao decrescer, atinge valores iguais ou inferiores a o mínimo crítico exigido pela variedade, razão pela qual é chamada de planta de dias curtos (LOPES, 2013 apud GIANLUPPI et al., 2009; EMBRAPA, 2011, FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Contudo, pesquisas brasileiras conseguiram através de cruzamentos introduzirem em vários materiais de soja genes que prolongam o período juvenil da planta (denominado período juvenil longo) e com esse avanço genético foi possível desenvolver cultivares próprias para as regiões tropicais com alto potencial de rendimento, excelentes qualidade de grãos e características agronômicas desejáveis (LOPES, 2013 apud GIANLUCCI et al., 2009; EMBRAPA, 2011).

Figura 8 – Fotoperíodo (h) ao longo do ano em função da latitude do local



Fonte: FARIA, NEUMAIER, NEPOMUCENO; 2007.

O período juvenil longo é uma fonte não tradicional de florescimento tardio. Uma cultivar de soja com período juvenil longo permanece vegetativa por mais tempo do que cultivares convencionais quando expostas há dias curtos, mas poderá florescer mais cedo do que algumas cultivares convencionais sob dias longos. Assim, as cultivares com períodos juvenil longo parecem ser menos sensíveis ao fotoperíodo do que a maioria das cultivares tradicionais (LOPES, 2013 apud FARIA, NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007)

2.2.4 Incidência de radiação solar

Os processos fotossintéticos realizados pelas plantas são dependentes de luz visível (400nm – 700nm) (Mendes 2019 apud Casaroli, 2007). Com o adensamento das plantas ocorre maior interceptação da energia luminosa, mas com menor distribuição da energia luminosa nas outras partes da planta. Enquanto, com menor concentração de plantas haverá menor interceptação da energia luminosa e pode também ocasionar em menor desenvolvimento da planta (Mendes 2019 apud Petter, 2015).

Por isso, controlar a densidade de semeadura é fundamental para o máximo desenvolvimento da cultura. A radiação solar é outro fator importante para a cultura da soja, uma vez que, cada uma das cultivares possuem uma característica única referente ao fotoperíodo crítico, quantidade de horas/luz necessárias para o florescimento (Mendes 2019 apud Farias, 2007) diferindo em relação ao seu ciclo e fase de florescimento. Esta característica não é dependente do adensamento das plantas e sim uma característica da arquitetura genética de cada cultivar (Mendes 2019 apud Farias, 2007).

A radiação solar é responsável por fornecer energia para o processo de fotossíntese 9 e na cultura da soja está também correlacionada ao alongamento da haste principal e suas ramificações, desenvolvimento da área foliar, a fixação de vagens e grãos (Câmara, 2000). A população de plantas também é um fator que afeta a produtividade, o estabelecimento da população recomendada de cultivares de soja depende do manejo do solo, da semeadura na época indicada conforme a cultivar e região de cultivo, regulagem e profundidade de semeadura, qualidade das sementes, disponibilidade hídrica e tratamentos fitossanitários na semente (Mendes 2019 apud Guimarães et al., 2008).

2.2.5 Escolha do terreno

A soja pode ser cultivada praticamente em todo o território brasileiro. A escolha do terreno é essencial para o sucesso do empreendimento agrícola. Assim, é importante (EMBRAPA, 2005):

- Não cultivar a soja em solos com menos de 15% de argila, dando preferência para solos com textura média (30% a 35% de argila) ou argilosa, bem drenados, com boa capacidade de retenção de água e com profundidade efetiva acima de 1,0 m. Solos rasos possuem menor capacidade de armazenamento de água e em condições de chuvas excessivas podem apresentar problemas de drenagem.

- Evitar solos com impedimento físico, como afloramento rochoso, pedregosidade ou processo de salinização evidente.
- Dar preferência a áreas de topografia plana ou suavemente ondulada, ou seja, com declividade de até 12%, possibilitando controlar a erosão e facilitar a mecanização e/ou as atividades manuais de cultivo.

2.3 UMIDADE DO SOLO IDEAL PARA O CULTIVO DA CULTURA

Consoante a Embrapa, 2011, a necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, ao que se refere à necessidade hídrica varia entre 450 a 800 mm/ciclo. Tal valor depende das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo. O consumo máximo ocorre durante a floração e o enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia) (EMBRAPA, 2005).

Na condição de déficit hídrico, a planta é afetada diretamente. Processos como o fechamento estomático, enrolamento de folhas, queda prematura de folhas e flores e abortamento de vagens comprometem a produtividade da soja (MARTIN, 2020). O excesso de água, por sua vez, pode favorecer a germinação dos grãos ainda dentro das vagens, a abertura das vagens, facilitando o surgimento de fungos nos grãos (grãos ardidos) e ataques de pragas, como percevejos e besouros (MATHEUS, 2019).

2.4 SENSOR DE UMIDADE DO SOLO

Tendo em vista a importância da correta concentração de água no solo para o melhor desenvolvimento da soja, é de suma importância haver o monitoramento da umidade do mesmo, a fim de que haja a possibilidade de corrigi-lo, caso este se encontre com água em excesso ou em falta. Um sensor de umidade do solo é um módulo detector da resistividade da terra, ou seja, são sensores que medem as variações de umidade da terra. O sensor de umidade no solo deve ser enterrado no solo para medição da umidade da terra (SIGMA, 2020).

Tal sensor (higrômetro) é ideal para irrigação, plantações, agrícola e agropecuário. Um sensor de umidade do solo funciona exposto às condições do tempo, sendo um instrumento resistente à corrosão. Estes sensores de umidade da terra possuem instalação simples (SIGMA, 2020).

Usualmente, um sensor de umidade tem duas sondas que medem a quantidade de volume de água no solo. As sondas criam uma corrente elétrica que permite medir a

resistência. O valor da resistência, que varia de 0 a 1.023 (escala utilizada na placa eletrônica), resultará no valor da umidade do solo. Quanto maior a resistência registrada, menor a eletricidade e menor a quantidade de água no solo, haja vista que a água diminui a resistência, enquanto o solo seco conduz com mais dificuldade (SIGMA, 2020). (EDUARDO, 2019).

Figura 9 - Sensor de umidade do solo



Fonte: Casa do Led, 2020.

2.5 EXIGÊNCIAS MINERAIS E ADUBAÇÃO DA CULTURA DE SOJA

A adubação é um processo de extrema importância numa plantação, já que é responsável pela qualidade dos produtos cultivados. A prática nutre a planta com substâncias necessárias para seu crescimento saudável, e isso se reflete na produtividade e lucratividade do produtor. Para que uma planta cresça de maneira saudável, ela necessita de elementos essenciais. Através do ar, ela retira o carbono, o oxigênio e o hidrogênio. Os demais compostos são absorvidos através de suas raízes e, como o solo nem sempre possui todos eles em quantidade suficiente, muitas vezes é necessária uma complementação (MORAES, 2020).

A recomendação de adubação para a cultura da soja é definida em função das curvas de resposta para cada nutriente, com exceção do nitrogênio que é fornecido integralmente pela fixação biológica (GITTI e ROSCOE, 2018).

2.5.1 Adubação

2.5.1.1 Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela soja, sendo necessários em torno de 80 kg para cada tonelada de soja produzida. Desse total de nitrogênio

necessário para a produção de soja, aproximadamente 50 kg são exportados para cada tonelada de grão produzida. A soja obtém a maior parte do nitrogênio que necessita por meio da fixação simbiótica que ocorre com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (EMBRAPA, 2005).

O aumento nas produtividades de soja nos últimos anos têm gerado dúvidas sobre a capacidade do sistema simbiótico em suprir todo o nitrogênio necessário para a cultura da soja. São dois os momentos em que se tem sugerido possibilidade de resposta a adubações minerais de N na soja: na fase inicial e na fase reprodutiva/ enchimento de grãos (GITTI e ROSCOE, 2018).

Na fase inicial de desenvolvimento da soja, em solos com baixo teor de N disponível ou em condições de imobilização temporária de N por microrganismos do solo, pode haver sintomas de deficiência de N na cultura da soja. Essa observação tem sido bastante comum em solos no sistema plantio direto, com soja em sucessão ao consórcio milho/capins ou em rotação com pastagens (sistemas integração lavoura-pecuária) (GITTI e ROSCOE, 2018).

Vale ressaltar que o risco na utilização de N mineral é prejudicar o processo simbiótico. Na presença de N mineral, a formação dos nódulos pode ser prejudicada, comprometendo o suprimento de N para a planta em fases posteriores. Contudo, a utilização de “doses de arranque” de N na cultura da soja, desde que não exceda 20 kg/ha, não causa prejuízo ao processo de fixação biológica de N e pode, embora não necessária, suprir eventuais deficiências iniciais do nutriente (GITTI e ROSCOE, 2018).

Salienta-se que, recentemente, trabalhos realizados por uma rede de pesquisadores e consultores do Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB), da qual a Fundação MS faz parte, também demonstraram que não há resposta significativa à adubação tardia de N (R5.3) na cultura da soja. A Fundação MS, portanto, não recomenda adubações nitrogenadas tardias na cultura da soja, mesmo com expectativas de produção elevadas (GITTI e ROSCOE, 2018).

2.5.1.2 Fósforo e potássio

O fósforo é o nutriente com maiores limitações em solos tropicais. Para cada tonelada de soja produzida, são extraídos do solo pouco mais de 15 kg de P₂O₅, dos quais 65%, ou seja, em torno de 10 kg de P₂O₅ são exportados nos grãos. Em geral, nos solos tropicais, ricos em óxidos de ferro e alumínio, os teores de fósforo são muito baixos. O

fósforo é fixado de forma pouco reversível nesses óxidos, tornando-se indisponível para as plantas (GITTI e ROSCOE, 2018).

Por essa razão, em áreas de abertura a correção dos teores de P representa um dos passos mais importantes para a construção da fertilidade do solo. Quanto maior o teor de argila e maior o teor de óxidos de Fe e Al nesta argila, maior será o potencial do solo em fixar (adsorver especificamente) o fósforo. A calagem é fundamental para reduzir a adsorção específica de P nos solos, pois os óxidos de Fe e Al podem assumir carga residual positiva ou negativa em função do pH (GITTI e ROSCOE, 2018).

Com o aumento do pH devido a calagem, as cargas positivas são neutralizadas aumentando as cargas residuais das argilas (negativas). Como o P encontra-se na forma de fosfatos no solo, os quais têm carga negativa, há uma redução significativa na adsorção específica do P. Entretanto, é importante notar que, em pH acima de 7,0, há uma gradual redução da disponibilidade de P. Há a formação de fosfato de cálcio, tornando o P indisponível para as plantas. Portanto, existe uma faixa ótima para a disponibilidade de P no solo, com pH variando de 5,5 a 7,0 (GITTI e ROSCOE, 2018).

O diagnóstico dos teores de fósforo no solo baseia-se na interpretação das análises de solo e histórico da área. As faixas são definidas em função do teor de argila e do extrator (GITTI e ROSCOE, 2018). Quanto maior a concentração de nutriente no solo, menor será a quantidade de nutrientes aplicada por meio da adubação. A adubação corretiva com fósforo e potássio é recomendada para solos com níveis baixos desses nutrientes. Quando o teor de fósforo no solo for considerado médio ou bom, deve-se aplicar somente a adubação de manutenção, que corresponde a 20 kg de P_2O_5 , para cada tonelada de grãos que se espera produzir (EMBRAPA, 2005).

Em relação ao potássio (K), tem-se que a soja é muito exigente quando se trata deste nutriente. Cada tonelada de grãos de soja produzida retira do solo 20 kg de K_2O . Assim, se a expectativa de produção de soja for de 3 t.ha⁻¹, deve-se fazer a adubação de manutenção com 60 kg.ha⁻¹ de K_2O (EMBRAPA, 2005). Diferente do fósforo e semelhante ao nitrogênio, o potássio tem alta mobilidade no solo. Em solos arenosos, pode até mesmo ocorrer perdas de K por lixiviação, dependendo das quantidades aplicadas (GITTI e ROSCOE, 2018).

O manejo desse nutriente é realizado através dos balanços entre aplicações de fertilizantes e remoções pelas culturas. O potássio é considerado bastante móvel nas plantas, possibilitando a sua remobilização de folhas velhas para as novas. Classicamente, os sintomas de deficiência do K expressam-se nas folhas mais velhas, sendo observada clorose seguida de necrose nas bordas dessas folhas mais velhas (GITTI e ROSCOE, 2018).

O diagnóstico do teor de potássio presente no solo baseia-se na interpretação das análises de solo, de planta e no histórico da área. As faixas de interpretação dos teores no solo são definidas em função do teor de argila (GITTI e ROSCOE, 2018). A adubação com potássio pode ser realizada a lanço, antes da semeadura, ou mesmo no sulco de semeadura. Nesse caso, recomenda-se apenas as doses inferiores a 80 e 50 kg.ha⁻¹ de K₂O nos solos argilosos e arenosos, respectivamente, por causa do efeito salino do KCl à germinação das sementes. Em solos de textura média ou arenosa, é aconselhável fazer o parcelamento das doses de potássio para reduzir os riscos de lixiviação do nutriente no perfil do solo (EMBRAPA, 2005).

2.5.1.3 Adubação com enxofre

A importância do enxofre (S) para a cultura da soja nem sempre foi reconhecida. Embora as quantidades extraídas (46 kg t⁻¹ de grãos) e exportadas (16 kg t⁻¹ de grãos) por tonelada de produto sejam significativas, as demandas de S eram parcialmente supridas pelas adubações com superfosfato simples, que possui um teor de 10 a 12% de S em sua composição. Com a utilização de fontes concentradas de P associada a solos com baixos teores naturais de S comuns nos cerrados, o enxofre passou a ser limitante em muitas lavouras de soja. Dessa forma, o sistema de produção da soja pode promover a redução de S no solo, caso não sejam feitas as reposições (GITTI e ROSCOE, 2018).

A dinâmica de S no solo está muito relacionada com a matéria orgânica do solo. Por volta de 90% do S nos solos encontram-se em formas orgânicas (GITTI e ROSCOE, 2018 apud ALVAREZ et al., 2007). Solos com menores teores de matéria orgânica são, portanto, mais suscetíveis a deficiências deste nutriente. Todas as medidas de manejo que visam preservar a matéria orgânica do solo, tais como o sistema plantio direto, consórcio de milho safrinha com capins e integração lavoura-pecuária, são benéficas para a manutenção do S no solo. Solos cultivados há muitos anos, sem o devido cuidado com a manutenção da matéria orgânica, podem ter os teores de S abaixo do nível crítico.

Portanto, em solos cultivados, naturalmente pobres em matéria orgânica do solo ou onde houve redução dos estoques, assim como nas situações onde haja grande exportação sem a devida reposição, há maior probabilidade de resposta a adubação com enxofre (GITTI e ROSCOE, 2018). Para determinar a necessidade correta de enxofre (S), deve-se realizar a análise do solo de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade e/ou a análise de folhas. No solo, para as profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, os níveis críticos são, respectivamente,

de 10 e 35 mg.dm⁻³ para solos argilosos, e de 3 e 9 mg.dm⁻³ para solos arenosos (EMBRAPA, 2005).

Nas folhas, o nível de suficiência varia de 2,1 a 4,0 g.kg⁻¹. A interpretação da fertilidade do solo, para a recomendação de adubação equilibrada, começa pela amostragem representativa da área e pela análise química em laboratório confiável. Quando o teor de enxofre no solo for considerado médio ou bom, deve-se aplicar somente a adubação de manutenção, que corresponde a 10 kg de S, para cada tonelada de grãos que se espera produzir (EMBRAPA, 2005).

2.5.1.4 Adubação com micronutrientes

Os micronutrientes são importantes para o bom desempenho da cultura da soja, principalmente quando se trabalha com elevadas produtividades. Muitas vezes, as produtividades são limitadas por desbalanços nutricionais. O diagnóstico das necessidades pode ser feito avaliando-se sintomas visuais de deficiência, análise de solo e de folhas. Os elementos zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe) e boro (B) têm sua disponibilidade avaliada a partir de análises de solo e da interpretação de análises foliares. Os extratores utilizados para as determinações no solo são e Mehlich I e/ou DTPA para Zn, Mn e Cu, DTPA para Fe e água quente para B (GITTI e ROSCOE, 2018).

A necessidade de adubações de Zn, Mn, Cu e B são indicadas de acordo com as faixas de disponibilidade no solo. As quantidades indicadas variam com as faixas, sendo que não se recomenda utilização desses micronutrientes quando os teores encontram-se muito altos, para evitar toxidez (GITTI e ROSCOE, 2018 apud Embrapa, 2013). As adubações de Zn e B são geralmente feitas no solo, sendo idealmente colocadas nas formulações com NPK, em misturas nos grânulos (GITTI e ROSCOE, 2018).

Como sugestão para interpretação de análises de solo, com os extratores água quente para boro (B) e Mehlich I para micronutrientes metálicos, os teores limites considerados altos são de 0,5 mg.dm⁻³ para o boro, de 0,8 mg.dm⁻³ para o cobre, de 5 mg.dm⁻³ para o manganês e de 1,6 mg.dm⁻³ para o zinco. Se os teores de micronutrientes no solo forem baixos, deve-se adotar as seguintes sugestões de adubação: zinco, 6,0 kg.ha⁻¹; cobre, 2,5 kg.ha⁻¹; manganês, 6,0 kg.ha⁻¹; e boro, 1,5 kg.ha⁻¹. Os nutrientes deverão ser aplicados a lanço, nas doses indicadas, lembrando que o efeito residual alcança, em média, um período de 5 anos (EMBRAPA, 2005).

Para a reaplicação de qualquer um desses micronutrientes, indica-se a análise foliar como recurso de interpretação. A aplicação de micronutrientes no sulco de plantio tem sido bastante utilizada pelos produtores: aplica-se 1/3 da indicação a lanço, por um período de 3 anos sucessivos. Especificamente no caso do Mo e do Co, a aplicação pode ser feita via sementes ou foliar, com as doses de 12 a 30 g.ha⁻¹ de Mo e 2 a 3 g.ha⁻¹ de Co. A aplicação de Co e Mo na semente poderá reduzir a sobrevivência do Bradyrhizobium e, consequentemente, a nodulação e a fixação biológica de nitrogênio. Nesse caso, a aplicação de Co e Mo poderá ser executada nas mesmas doses recomendadas via semente, em pulverização foliar, entre os estádios V3 e V5. Em caso de deficiência de manganês, constatada pelo exame visual, indica-se a aplicação de 350 g.ha⁻¹ de Mn (1,5 kg de MnSO₄) diluído em 200 L de água com 0,5% de uréia (EMBRAPA, 2005).

2.5.1.5 Adubação foliar com macro e micronutrientes

Essa prática não é indicada para macronutrientes ou outros micronutrientes além dos já mencionados (Co, Mo e Mn) para a cultura da soja. A forma mais eficiente de aplicação de fertilizantes é pela adubação de base, via sulco de semeadura, ou pela aplicação a lanço. O monitoramento das respostas à adubação com macro- ou micronutrientes por meio da análise foliar é um recurso eficaz de observação das respostas das plantas. Lembre-se: Os custos com fertilizantes são os mais elevados entre os insumos aplicados na lavoura. Uma adubação equilibrada garante elevada produtividade, graças à manutenção da fertilidade do solo, e permite a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema produtivo (EMBRAPA, 2005).

2.5.1.6 Fixação biológica de molibdênio e cobalto

O molibdênio (Mo) é um micronutriente bastante móvel no solo e o com menor abundância na crosta terrestre (GITTI e ROSCOE, 2018 apud ABREU et al., 2007). De forma inversa aos micronutrientes catiônicos, a disponibilidade de Mo aumenta com o pH. Embora seja exigido em pequenas quantidades pela planta de soja, tem papel fundamental no processo de fixação biológica de N. Não há parâmetros para avaliação de sua disponibilidade para as plantas, sendo a recomendação para a cultura da soja de 12 a 25 g de Mo ha⁻¹. O cobalto (Co), na realidade, não constitui um micronutriente essencial para as plantas de soja.

Entretanto, é fundamental para o processo de fixação biológica de nitrogênio (GITTI e ROSCOE, 2018).

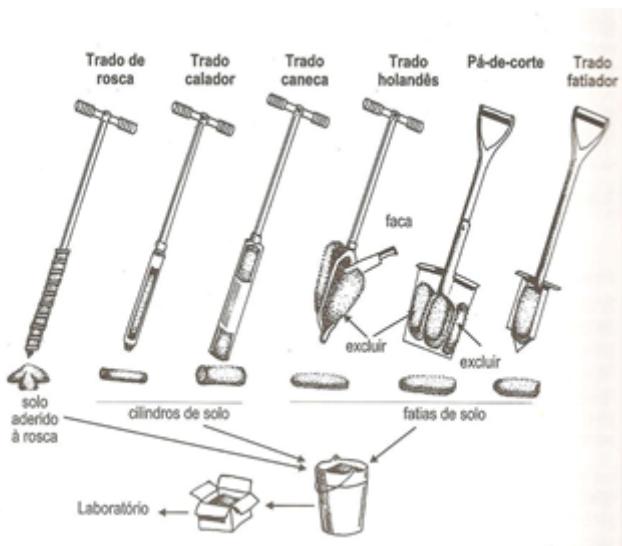
Presente na forma catiônica, compete com os outros micronutrientes catiônicos (Fe, Mn, Zn, Cu). À semelhança do Mo, não é determinado na análise de solo e sua recomendação varia de 2 a 3 g de Co ha⁻¹. Doses acima de 3 g ha⁻¹, ou mesmo quando as doses estão dentro dos limites, mas houve problemas na homogeneização, podem ocorrer sintomas de deficiência temporária de Fe (GITTI e ROSCOE, 2018 apud BROCH e RANNO, 2012). As aplicações de Co e Mo podem ser feitas via semente ou em pulverização foliar, nos estádios de desenvolvimento V3-V5 (Embrapa, 2011). Em áreas virgens, áreas novas ou sem cultivo anterior de soja, visando uma maior sobrevivência das bactérias fixadoras de N, deve-se dar preferência para aplicações foliares em V3-V5 (GITTI e ROSCOE, 2018 apud BROCH e RANNO, 2012).

2.6 ANÁLISE DO SOLO

A análise do solo é um procedimento essencial para a adequada recomendação de adubações. A análise de solo é utilizada para caracterizá-lo quanto à quantidade e disponibilidade dos nutrientes essenciais às plantas. A análise foliar é complementar, sendo utilizada para verificação do balanço nutricional e da eficiência das estratégias de adubação. Recomenda-se que essas duas estratégias sejam utilizadas juntas, de forma complementar, assim como o acompanhamento do balanço entre entradas (adubos e fixação biológica de N) e saídas de nutrientes das áreas (GITTI e ROSCOE, 2018).

Tradicionalmente as amostragens são feitas coletando-se sub-amostras (amostras simples) em 20 a 25 pontos escolhidos de forma aleatória dentro de cada talhão homogêneo (Figura 10). Essas amostras são combinadas, misturadas e uma subamostra de 300 a 500g é retirada para representar o referido talhão (amostra composta). Neste tipo de amostragem ao acaso, parte-se do pressuposto de que a variação espacial é mínima ou insignificante dentro dos talhões homogêneos, de forma que a amostra composta o representaria com certo grau de precisão. Os talhões homogêneos não devem ultrapassar 30 ha (GITTI e ROSCOE, 2018).

Figura 10 – Representação do processo de coleta da amostra de solo



Fonte: Laboratório Rural de Maringá, 2019.

Outra forma de arranjo amostral, utilizado na agricultura de precisão é a amostragem sistematizada, onde amostras são retiradas em pontos específicos, espacialmente definidos ou georeferenciados. Esse tipo de amostragem pressupõe que há dependência espacial dos parâmetros de solo analisados, dentro da área trabalhada. Não há uma regra predefinida para a configuração das grades de amostragem, podendo as mesmas serem regulares (com distâncias fixas entre os pontos amostrados) ou irregulares. As grades regulares têm sido as mais utilizadas, sendo que cada ponto representa, geralmente, de um a quatro hectares (GITTI e ROSCOE, 2018).

A interpretação da análise de solo é feita com base em parâmetros estabelecidos pela pesquisa das necessidades da soja. Na Figura 11, observam-se os valores para interpretação dos níveis de alumínio, cálcio, magnésio, carbono orgânico, matéria orgânica do solo, saturação de cálcio, magnésio e potássio e as relações atômicas entre esses cátions (GITTI e ROSCOE, 2018).

Figura 11 - Níveis de alguns dos elementos obtidos para análises de solo e sua interpretação para a cultura da soja

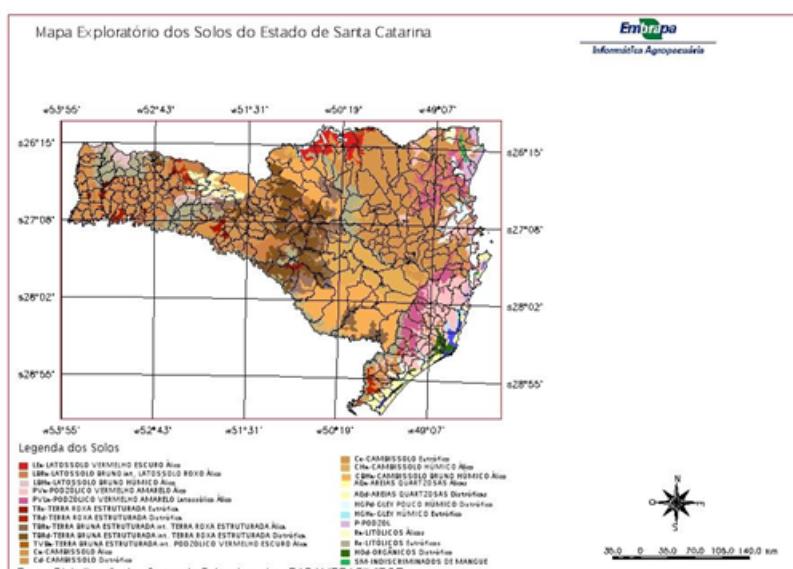
Níveis	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	C	M.O.	Saturação na CTC (%)			Relações		
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$			g kg^{-1}		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
Em Solos com CTC < 8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$											
Baixo	< 0,02	< 1,0	< 0,4	< 8,0	< 15,0	< 26,0	< 13,0	< 3,0	< 1,0	< 10,0	< 5,0
Médio	0,02-1,5	1,0-2,0	0,4-0,8	8,0-14,0	15,0-25,0	26,0-34,0	13,0-18,0	3,0-5,0	1,0-2,0	10,0-20,0	5,0-10,0
Alto	> 1,5	> 2,0	> 0,8	> 14,0	> 25,0	> 34,0	> 18,0	> 5,0	> 2,0	> 20,0	> 10,0
Em solos com CTC > 8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$											
Baixo	< 0,02	< 2,0	< 0,4	< 8,0	< 15,0	< 35,0	< 13,0	< 3,0	< 1,5	< 8,0	< 3,0
Médio	0,02-1,5	2,0-4,0	0,4-0,8	8,0-14,0	15,0-25,0	35,0-50,0	13,0-20,0	3,0-5,0	1,5-3,5	8,0-16,0	3,0-6,0
Alto	> 1,5	> 4,0	> 0,8	> 14,0	> 25,0	> 50,0	> 20,0	> 5,0	> 3,5	> 16,0	> 6,0

Fonte: EMBRAPA, 2013.

2.7 SOLO DO ALTO VALE DO ITAJAÍ

O tipo de solo predominante no Alto Vale do Itajaí é o Cambissolo (Figura 12). A ordem dos Cambissolos abrange solos minerais com características bastante variáveis, mas que sempre apresentam textura média ou mais fina e ausência de grande desenvolvimento pedogenético (formação de solos). São solos com pequena profundidade, elevado teor de minerais primários (minerais herdados da rocha), presença significativa de fragmentos de rocha na massa do solo e outros indícios do intemperismo incipiente do solo (Instituto Agronômico, 2014).

Figura 12 – Mapa dos solos do estado de Santa Catarina



Fonte: Agritempo, 2021.

Em alguns casos, a presença de maiores quantidades de minerais primários nos Cambissolos contribui para uma maior reserva nutricional para as plantas, especialmente importante em cultivos florestais e perenes. Os Cambissolos apresentam cor mais viva, maiores teores de argila e estrutura mais desenvolvida nos horizontes subsuperficiais em relação àqueles materiais puramente herdados da rocha, o que os torna em muitos casos aptos à utilização agrícola, uma vez mitigados alguns fatores restritivos, tais como pedregosidade, pequena profundidade e declividade excessiva (Instituto Agronômico, 2014).

2.8 MACHINE LEARNING

Machine Learning ou abreviadamente ML (em português, aprendizado de máquina) é um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos. É um ramo da inteligência artificial baseado na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana (Statistical Analysis System, 2020), sendo naturalmente confundido com I.A, por conseguinte, é necessário um esclarecimento em relação à I.A, o assunto será abordado novamente no tema

Quando se desenvolve um sistema de aprendizado de máquina, a estrutura utilizada na programação é diferente da programação de software tradicional. No método tradicional se cria um conjunto de regras para gerar uma resposta a partir do processamento dos dados introduzidos. Já os algoritmos de Machine Learning são criados a partir dos dados que serão analisados e as respostas (ou resultados) que se esperam dessa análise, no final do processo o sistema cria as próprias regras ou perguntas (IBM).

Machine learning é uma tendência crescente na assistência médica graças ao advento dos dispositivos wearables e sensores, também destaca-se o avanço da área em conjunto a vendas e marketing, websites com serviços de recomendação produtos e serviços com base em compras anteriores do usuário, estes websites amplamente utilizados na sociedade, sendo os mesmos sistemas de Machine Learning (Statistical Analysis System, 2020).

2.9 I.A OU INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Inteligência Artificial, do inglês *artificial intelligence*, I.A 's possibilitam o aprendizado de máquinas com experiências, ajustes de novas entradas de dados e performar tarefas de modo próximo aos seres humanos (Statistical Analysis System, 2020). A aplicação

de I.A vai de computadores mestres em xadrez a carros autônomos, dependendo de deep learning e processamento de linguagem natural para seu funcionamento, não iremos nos abordar profundamente em tal assunto.

Um ponto a ser levantado é a abordagem de Alan Turing (1912-1954), sendo considerado o pai da ciência da computação sua importância social e científica é inigualável, ele define inteligência artificial por “sistemas que agem como humanos.”, partindo desse ponto Alan levantou o pensamento de como avaliar uma inteligência artificial, chegando a conclusão de fazer um teste, nomeado de teste de Turing, em homenagem a seu idealizador, ele consiste em dois seres humanos e uma máquina estarem em salas separadas, um humano será o interrogador, e seu objetivo é interrogar ambos, o humano e a máquina, sem saber inicialmente quem é quem, ele deverá descobrir quem é a máquina e quem é o humano, faz-se esse teste repetidas vezes com várias pessoas diferentes, almejando analisar quantas foram “enganadas” pela máquina, caso ela engane uma porcentagem maior do que o humano ela “passará” pelo teste Turing (BY COMUM ONLINE, 2014), embora a conclusão do teste seja amplamente discutida é de senso comum esta conclusão.

2.10 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO E BIBLIOTECAS

Uma linguagem de programação é um vocabulário é um conjunto de regras gramaticais usadas para escrever programas de computador. Esses programas instruem o computador a realizar determinadas tarefas específicas (UNIVASF), existem incontáveis linguagens de programação, cada uma possui algumas características determinantes para criação de sua identidade, por exemplo podemos classificar as linguagens em compiladas e interpretadas, a diferença entre ambas é a forma como o resultado é gerado, interpretação executa o código analisado. A compilação gera um outro código que será posteriormente usado (executado) por um ambiente que entenda o seu funcionamento (StackOverflow, Maniero, 2015).

Bibliotecas ou *Frameworks*, é um conjunto de códigos prontos que podem ser usados no desenvolvimento de aplicativos e sites. O objetivo dessa ferramenta é aplicar funcionalidades, comandos e estruturas já prontas para garantir qualidade no desenvolvimento de um projeto(DigitalHouse, 2021).

2.10.1 XML

XML, sigla para eXtensible Markup Language, é um tipo de linguagem de marcação que define regras para codificar diferentes documentos. Linguagens de marcação são sistemas usados para definir padrões e formatos de exibição dentro de um documento. Em resumo, funcionam para definir como um determinado conteúdo vai ser visualizado na tela ou como os dados serão distribuídos. Essa codificação interna é feita pelo uso de marcadores ou tags, o XML é amplamente utilizado para a criação de Notas Fiscais Eletrônicas (CanalTech, 2020).

2.10.2 HTML

HTML abreviação para a expressão inglesa HyperText Markup Language, que significa: "Linguagem de Marcação de Hipertexto" é uma linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na Web. Documentos HTML podem ser interpretados por navegadores. A tecnologia é fruto da junção entre os padrões HyTime e SGML(Wikipédia), todas as páginas que se abrem são a leitura e a interpretação de um arquivo que contém esse código HTML.

É perceptível a semelhança entre HTML E XML, tanto a nomenclatura quanto o fato de serem linguagens de marcação, porém há uma diferença entre HTML e XML, HTML descreve a aparência e a ações em uma página na rede enquanto o XML não descreve nem aparência e ações, mas sim o que cada trecho de dados é ou representa (Miguel Benedito Furtado Júnior, XML-Extensible Markup Language).

2.10.3 JavaScript

O JavaScript, popularmente chamado de JS, é uma linguagem de programação de alto-nível, criada no meio da década de 90, mais precisamente em 1996 pelo lendário programador Brendan Eich que, além de criar o JavaScript, foi também um dos fundadores da Mozilla Corporation (Hostinger, 2021).

O JavaScript possui uma série de peculiaridades que o consolidaram como uma linguagem ampla de programação, como dito antes é uma linguagem de alto-nível, linguagens de programação podem ser classificadas como alto e baixo nível, precedendo da forma como é feita sua abstração, caso a linguagem tenha uma proximidade maior da língua humana ela será de alto nível, caso esteja mais próxima da língua computacional, será de baixo nível (Willian Oliveira, 2015, p. 35).

Fora isso também é notável seu maior diferencial, enquanto outras linguagens são compiladas, ou até server-side (linguagem que roda no servidor, longe do cliente apenas trocando dados, geralmente via HTTP), esta é uma linguagem interpretada, os navegadores de internet o interpretam com HTML(Hosting, 2021), proporcionando uma interação dinâmica entre o cliente e o website.

2.10.4 PHP

O PHP (um acrônimo recursivo para PHP: Hypertext Preprocessor) é uma linguagem de script open source de uso geral, muito utilizada, e especialmente adequada para o desenvolvimento web e que pode ser embutida dentro do HTML (PHP, 2001).

Ao longo dos anos, principalmente pela fácil acessibilidade, a linguagem PHP ganhou muitos adeptos, formando uma comunidade grande e solidária. Há uma série de vantagens de utilizar PHP, o que também reforça esse cenário confortável (ROCKCONTENT, 2019), apesar da linguagem mal estar se mantendo fora de ‘bugs’, erros que acontecem dentro de computadores, ela se destaca como uma das mais influentes do mundo, haja visto que a versão 8 está agradando os desenvolvedores, é possível uma nova ascensão do PHP.

2.10.5 OpenWeather

OpenWeather é uma equipe de especialistas em TI e cientistas de dados que pratica ciência de dados meteorológicos profundos desde 2014. Para cada ponto do globo, o OpenWeather fornece dados meteorológicos históricos, atuais e previstos por meio de APIs de velocidade da luz. Sede em Londres, Reino Unido (OpenWeather, 2014).

Para o presente projeto fará-se uso da Api OpenWeatherMap, que retorna dados como temperatura, umidade, clima em tempo real de diversas cidades do globo, os dados podem ser retornados em formatos como JSON, XML, ou HTML, para o nosso caso utiliza-se XML.

2.10.6 AJAX

AJAX significa Asynchronous JavaScript and XML, ou JavaScript e XML Assíncronos, em bom português. Ele é um conjunto de técnicas de desenvolvimento voltado para a web que permite que aplicações trabalhem de modo assíncrono, processando qualquer

requisição ao servidor em segundo plano (Hostinger, 2021), o Ajax permite a criação de aplicações mais interativas. Um dos principais objetivos é tornar as respostas das páginas Web mais rápidas pela troca de pequenas quantidades de informações com o servidor, nos bastidores (DevMedia, 2007).

2.10.7 C

C é uma linguagem de programação compilada de propósito geral, estruturada, imperativa, procedural, padronizada pela Organização Internacional para Padronização (ISO), criada em 1972 por Dennis Ritchie na empresa AT&T Bell Labs para desenvolvimento do sistema operacional Unix (originalmente escrito em Assembly) (Wikipédia), C se tornou muito popular nos anos 80, tanto que é difícil encontrar arquiteturas para as quais não existam compiladores para a C, o que garante o seu elevado nível de portabilidade (Cairo Noleto, 2020, p. 37).

2.10.7 Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível — ou High Level Language —, dinâmica, interpretada, modular, multiplataforma e orientada a objetos — uma forma específica de organizar softwares onde, a grosso modo, os procedimentos estão submetidos às classes, o que possibilita maior controle e estabilidade de códigos para projetos de grandes proporções(Kenzie, 2013), python está em um processo de ascensão, devido a facilidade de criar-se bibliotecas o python acabou se destacando obtendo uma comunidade unida e amigável, cotidianamente utilizamos python em vários momentos, por exemplo ao usar o Google, Netflix e YouTube.

Um dos ramos pelo qual python se destacou é Inteligência Artificial e Machine Learning, ele obteve um grande destaque em tal área justamente pelo fato de existirem inúmeras bibliotecas abordando o assunto, tais como Pandas, Numpy, TensorFlow e NLTK, além disso uma de suas bibliotecas/ferramenta o Jupyter Notebook e Jupyter Lab são plataformas interativas que facilitam o aprendizado e execução dos códigos, tornando o Python um ambiente de desenvolvimento extremamente fácil e bem aceito pelos desenvolvedores.

2.10.8 Bibliotecas Panda e Sklearn

O pandas é uma ferramenta de manipulação e análise de dados de código aberto rápida, poderosa, flexível e fácil de usar, construído com base na linguagem de programação Python (Pandas), sendo usada amplamente por profissionais na área de ciência de dados e informação.

O scikit-learn ou Sklearn é uma biblioteca da linguagem Python desenvolvida especificamente para aplicação prática de machine learning. Esta biblioteca dispõe de ferramentas simples e eficientes para análise preditiva de dados, é reutilizável em diferentes situações, possui código aberto, sendo acessível a todos e foi construída sobre os pacotes NumPy, SciPy e matplotlib (Didática Tech), também muito utilizado por profissionais, porém a biblioteca requer uma curva de aprendizado maior(eixo de aprendizado por eixo de tempo).

2.10.9 Banco de dados MySQL

O MySQL é um sistema gerenciador de banco de dados relacional de código aberto usado na maioria das aplicações gratuitas para gerir suas bases de dados. O serviço utiliza a linguagem SQL (Structure Query Language – Linguagem de Consulta Estruturada), que é a linguagem mais popular para inserir, acessar e gerenciar o conteúdo armazenado num banco de dados (TechTudo). Entre os usuários do banco de dados MySQL estão: NASA, Friendster, Banco Bradesco, Dataprev, HP, Nokia, Sony, Lufthansa, U.S. Army, U.S. Federal Reserve Bank, Associated Press, Alcatel, Slashdot, Cisco Systems, Google, entre outros (Wikipédia).

O sistema foi desenvolvido pela empresa sueca MySQL AB e publicado, originalmente, em maio de 1995. Após, a empresa foi comprada pela Sun Microsystems e, em janeiro de 2010, integrou a transação bilionária da compra da Sun pela Oracle Corporation. Atualmente, a Oracle, embora tenha mantido a versão para a comunidade, tornou seu uso mais restrito e os desenvolvedores criaram, então, o projeto MariaDB para continuar desenvolvendo o código da versão 5.1 do MySQL, de forma totalmente aberta e gratuita (TechTudo).

Um dos grandes destaques do MySql é sua portabilidade, de forma resumida todas as linguagens de alto nível rodam consultas MySql, possui um excelente desempenho e estabilidade, graças a suas consultas estruturadas(Wikipédia), MySql é uma boa linguagem de

banco de dados para desenvolvimento de ML's e I.A's, podendo estruturar de forma rápida e consistente os dados para futuros softwares com análise de dados.

2.10.10 Apache

Criado em 1995 por Rob McCool, na época funcionário da NCSA (National Center for Supercomputing Applications), o servidor Apache ou Servidor HTTP Apache é o mais bem sucedido servidor web livre que existe. Trata-se de um servidor web muito popular, utilizado principalmente no Linux (CANALTECH), assim como qualquer outro servidor, baseia-se em requisição e retornos, https em sua maior parte, estas requisições são enviadas pelo navegador para o provedor de internet que redirecionaram os dados para o servidor, faz-se então o processamento dos dados e então o servidor retorna os dados para o provedor que envia ao navegador.

O servidor Apache alimenta cerca de 46% de todos os sites hospedados na internet (HOSTINGER, 2021), ele está presente no mercado desde 1995, fazendo um nome de segurança e confiança na hora de escolher o servidor utilizado para hospedar e desenvolver um website.

2.10.11 Front-end (MATERIALIZE, CSS e JS)

O desenvolvedor de front-end toma o design elaborado e o transforma em algo funcional por meio das linguagens usadas nessa área. O desenvolvedor de back-end, por sua vez, atua na parte dos sistemas e garante que esteja tudo devidamente certo com o servidor (HSM university), portanto para o desenvolvimento de uma interface gráfica bem elaborada, com dados nítidos e intuitos, são necessárias linguagens de estilização, sendo uma delas o CSS, entretanto, também temos linguagens de programação que tornam o site mais dinâmico, como o JavaScript, que torna a experiência com o usuário muito mais prática e agradável, porém, ainda sim é comumente utilizado bibliotecas para o desenvolvimento do website, tal como o Materialize, devido a facilidade de criar-se designs com tais ferramentas.

O Cascading Style Sheets (CSS) é uma "folha de estilo" composta por "camadas" e utilizada para definir a apresentação (aparência) em páginas da internet que adotam para o seu desenvolvimento linguagens de marcação (como XML, HTML e XHTML). O CSS define como serão exibidos os elementos contidos no código de uma página da internet e sua maior

vantagem é efetuar a separação entre o formato e o conteúdo de um documento (TecMundo, 2009).

Já o JavaScript para front end não possui significativas mudanças, seu poder de definir atributos CSS em tags HTML faz com que seja possível uma interação dinâmica entre o cliente e o website, tornando então o JS uma linguagem volátil, porém muito efetiva em sua proposta.

Segundo Tássio Gonçalves: “[...] Materialize é um Framework e Frameworks CSS são bibliotecas que se destinam a facilitar estilizações de páginas Web compatíveis com os padrões usando a linguagem Cascading Style Sheets”. (2018, p. 39).

Dentre outras coisas, o *framework* oferecem diferentes módulos e ferramentas, tais como: redefinição da folha de estilo, grid especialmente para o design responsivo, tipografia web, conjunto de ícones em sprites ou fontes de ícone, styling para tooltips, botões, elementos de formulários, partes de interfaces gráficas como o acordeão, guias, slideshow ou janelas modais (Luz), equalizador para criar conteúdo de altura igual, efeito Parallax.

O Materialize implementa os módulos citados anteriormente e ainda badges, cards e muito mais. Além disso, ele também possibilita um design altamente responsivo e unificado para todas as plataformas.

2.11 FERRAMENTAS

Durante o período de desenvolvimento do projeto haverá uma averiguação, produção e aprimoramento do software, para tais ações fará-se uso de algumas ferramentas, as ferramentas serão listadas a seguir.

2.11.1 Sublime Text

O Sublime foi desenvolvido em Python e foi feito para ser simples. É um editor de texto bastante fácil de usar, mas com muitos recursos e funcionalidades que podem ser adicionadas para complementar seu uso (DEVMEDIA, 2016), devido a facilidade e familiaridade com a ferramenta os alunos optaram por utilizá-lo.

2.11.2 Arduino IDE

A opção mais utilizada e conhecida pelos desenvolvedores de projetos refere-se ao download e instalação do Arduino IDE em seu computador, com este método é possível realizar a programação e o *upload* de códigos em qualquer lugar com acesso ou não à internet (USINAINFO, 2019), pelos mesmos motivos do último tópico foi optado pela utilização do mesmo, além do instalador de bibliotecas que faz o *upload* dela e do código para o arduino.

2.11.3 .XAMPP

XAMPP é um pacote com os principais servidores de código aberto do mercado, incluindo FTP, banco de dados MySQL e Apache com suporte às linguagens PHP e Perl, devido ao período de utilização da ferramenta durante o segundo e terceiro ano, optou-se pela utilização da mesma, ademais que a ferramenta proporciona outros servidores dos quais pode-se ou não instalar.

2.11.4 JupyterLab

JupyterLab é um ambiente de desenvolvimento iterativo baseado na web para notebooks, código e dados Jupyter, O JupyterLab é extensível e modular: desenvolve plug-ins que adicionam novos componentes e se integram aos existentes. (PROJECT JUPYTER, 2021), tais especialidades ofertadas pela ferramenta serão exploradas quando os discentes abordarem o desenvolvimento do requisito funcional para a previsão de necessidades fisiológicas das plantas.

2.11.5 MySQL Workbench

MySQL Workbench é uma ferramenta visual unificada para arquitetos de banco de dados, desenvolvedores e DBAs. O MySQL Workbench fornece modelagem de dados, desenvolvimento de SQL e ferramentas de administração abrangentes para configuração de servidor, administração de usuário, backup e muito mais. O MySQL Workbench está disponível no Windows, Linux e Mac OS X (MYSQL, 2021), tal ferramenta será utilizada para o desenvolvimento de bancos de dados e diagramas EER.

2.12 SISTEMA INTEGRADO DE HARDWARE E SOFTWARE

Para o desenvolvimento do sistema haverá a necessidade de integrar o hardware ao software, assim, há os seguintes conceitos: “os hardwares são os itens físicos e tangíveis do dispositivo, desde seu gabinete até as peças que o compõem. O software, por sua vez, é o equivalente à mente do dispositivo” (NetSupport).

2.12.1 Arduino

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. Destina-se a qualquer pessoa que faça projetos interativos(Arduino, 2021), tal plataforma é conhecida mundialmente pelo seu microcontrolador, uma placa capaz de executar alguns códigos mais simples, podendo receber entradas de muitos sensores e afetar seus arredores controlando luzes, motores e outros atuadores, sendo assim utilizaremos desta placa para obtermos dados de sensores e realocar tais dados do campo em um banco de dados hospedado em um servidor local.

2.12.2 GSM SIM800L

O Módulo SIM800L é utilizado para comunicação via dados GSM/ GPRS, necessita de um chip de operadora de telefonia móvel para comunicação, o módulo pode ter suas ações controladas por diversos tipos de microcontroladores, como o Arduino por exemplo(Eletrogate), devido a esta comunicação GSM/GPRS é possível usufruir do protocolo de rede MQTT, que será utilizado para o envio de dados ao servidor.

O MQTT (do inglês Message Queue Telemetry Transport) é um protocolo de comunicação entre máquinas (Machine to Machine - M2M) que se populariza a cada dia que passa. Isto porque o MQTT está se tornando um dos principais protocolos para implementações de Internet das Coisas (IoT), uma tendência de aplicação na indústria ou mesmo no dia a dia das pessoas(Hi Tecnologia, 2021).

2.12.3 Sensor de umidade do solo (higrômetro)

Um higrômetro é um instrumento meteorológico usado para medir a quantidade de umidade na atmosfera (Greelane, 2019), tal dispositivo tem variantes como os higrômetros para umidade do solo, da forma recessiva ou capacitiva, no desenvolvimento do projeto será utilizado um sensor capacitivo de umidade do solo, que estabelecerá uma comunicação serial

com o arduino, enviando-lhe dados do solo que serão repassados pelo GSM, pelo protocolo MQTT, para então chegar à base de dados no servidor do projeto.

2.12.3 Sensor de temperatura (DHT11)

O sensor DHT11 é um dispositivo de baixo custo usado para medição de umidade e temperatura do ar. O sensor de umidade é capacitivo e o sensor de temperatura é um termistor NTC, isto é um resistor sensível à variações de temperatura. Dentro do sensor existe um microcontrolador que faz as medições e transmite os valores no formato digital através de um pino de saída (Eletrogate, 2021), o meio pelo qual os dados chegarão ao servidor é o mesmo descrito no tópico 2.12.3, SENSOR DE UMIDADE DO SOLO (HIGRÔMETRO).

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 MODELAGEM

A presente seção apresenta a especificação do software, por meio dos requisitos funcionais e não funcionais e regras de negócio.

3.1.1 Requisitos funcionais

Consoante Figueiredo (2018), os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades e serviços do sistema. Tais requisitos dependem do tipo do software, dos usuários esperados e onde o software é usado. Os mesmos documentam como o sistema deve reagir a entradas específicas, como deve se comportar em determinadas situações e o que não deve fazer. Sob esse viés, estruturaram-se os seguintes requisitos funcionais para o sistema:

RF01	Gerenciar o usuário
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para gerenciamento do usuário.

RF02	Gerenciar a atividade do usuário
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para gerenciamento da atividade do usuário.

RF03	Gerenciar a lavoura de soja
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para gerenciamento da lavoura de soja.

RF04	Gerenciar a planta soja
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para gerenciamento da planta soja.

RF05	Propor correção do solo
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para propor correções do sojo.
RF06	Gerenciar adubação e produtos químicos
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para gerenciamento da adubação e dos produtos químicos.
RF07	Emitir histórico de temperatura da região do Alto Vale do Itajaí e de umidade do solo da lavoura
	O sistema deverá possuir uma aplicação web para histórico de temperatura da região do Alto Vale do Itajaí e de umidade do solo da região onde encontra-se a lavoura, sendo o primeiro baseado nos dados coletados pelo sensor DHT11 e pela Api Open Weather e o segundo baseado nos dados coletados pelo higrômetro.
RF08	Impressão de notas de históricos das lavouras de soja
	O sistema deverá possuir a funcionalidade de impressão de notas de históricos da lavoura de soja.

3.1.2 Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais, por sua vez, definem propriedades e restrições do sistema, como os quesitos segurança e desempenho. Podem ser do sistema todo ou de partes do sistema e ser mais críticos que os requisitos funcionais. Destarte, elaboraram-se os seguintes requisitos não funcionais (FIGUEIREDO, 2018):

RNF01	PHP, AJAX E MySQL
-------	-------------------

	O sistema será desenvolvido na linguagem PHP com Ajax, juntamente com o banco de dados MySQL.
--	---

RNF02	Materialize
	O sistema será desenvolvido juntamente com a biblioteca materialize.

RNF03	Agilidade
	O sistema deverá carregar as consultas em menos de 10 segundos.

RNF04	Disponibilidade
	O sistema deverá manter-se disponível 24 horas por dia, 365 dias por ano (366 dias em anos bissexto), fora nos momentos que o servidor estará em manutenção.

RNF05	Portabilidade
	O sistema deverá ser portável em computadores, sendo de caráter design responsivo.

RNF06	Criptografia
	O sistema deverá conter uma criptografia segura de dados.

RNF07	Requisições
	O sistema será desenvolvido para funcionar com requisições “ xhttp”.

RNF08	Desenvolvimento
-------	-----------------

	O sistema deverá ser desenvolvido em Extreme Programming.
--	---

RNF09	Usuários
	O sistema suprirá apenas usuários do Alto Vale do Itajaí.

RNF10	Servidor
	O servidor em que será hospedado o sistema será um servidor apache.

RNF11	Protocolo de redes
	O banco de dados deverá suportar o protocolo de redes MQTT.

RNF12	Python
	O servidor deverá suportar Python e suas respectivas bibliotecas.

RNF13	Acesso
	O banco de dados deverá ter usuários com permissão de acessos distintos.

3.1.3 Regras de negócio

Segundo Ventura (2016), as regras de negócio são tratadas como requisitos de software, por ser algo que sem elas, o software não existe. Assim, infere-se que regras de negócio são premissas e restrições aplicadas a uma operação de uma empresa ou instituição, que precisam ser atendidas para que o negócio funcione da maneira esperada. Seguindo tal premissa, estipularam-se as seguintes regras de negócio para o sistema:

RN01	Histórico da safra de soja
------	----------------------------

	<p>Na nota de histórico da safra de soja (RF09) serão apresentados os seguintes dado para cada estágio da soja: estágio, temperatura da época, histórico de chuvas, variações de temperatura, variações de umidade do ar, água consumida por hectare, adubos, marcações de umidade e nutrientes do solo a cada vez que o mesmo for adubado, data de início e fim do estágio.</p>
--	--

RN02	Históricos de umidade e temperatura
	<p>Uma cidade pode possuir um ou muitos históricos de umidade e temperatura, e um histórico de umidade e temperatura é possuído por apenas uma cidade (RF07), sendo que a data de emissão de tal histórico deverá estar no formato padrão DD/MM/AAAA.</p>

RN03	Históricos de períodos de chuva
	<p>Uma cidade pode possuir um ou muitos históricos de períodos de chuva, e um histórico de período de chuva é possuído por apenas uma cidade (RF07), sendo que a data de emissão de tal histórico deverá estar no formato padrão DD/MM/AAAA.</p>

RN04	Lavouras de soja
	<p>Uma cidade pode possuir uma ou muitas lavouras de soja, e uma lavoura de soja está contida em apenas uma cidade (RF03).</p>

RN05	Históricos de produtos químicos
	<p>Uma lavoura pode possuir um ou muitos históricos de produtos químicos, e um histórico de produto químico é possuído por apenas uma lavoura (RF06), sendo que a data de emissão de tal histórico deverá estar no formato padrão DD/MM/AAAA. Ademais, a média aritmética dos preços de produtos comprados pelo usuário será realizada através da razão entre a soma de todos</p>

	os preços pagos e o total de produtos comprados (RF06).
--	---

RN06	Documentos de análise de solo
	Uma lavoura pode possuir um ou vários documentos de análise de solo, e um documento de análise de solo é possuído por apenas uma lavoura (RF03). A data de emissão do documento de análise de solo deverá estar no formato padrão DD/MM/AAAA.

RN07	Documentos de correção de solo
	Uma lavoura pode possuir um ou muitos documentos de correção de solo, e um documento de correção de solo está associado a apenas uma lavoura (RF05). A data de emissão de tal documento deverá estar no formato padrão DD/MM/AAAA.

RN08	Logs
	Uma lavoura pode possuir um ou muitos logs (registros de atividade do sistema), e um log está associado a apenas uma lavoura (RF03).

RN09	Plantas de soja
	Uma lavoura pode possuir uma ou muitas plantas de soja, e uma planta de soja está contida em apenas uma lavoura (RF04).

RN10	Lavouras de soja
	Um usuário pode possuir uma ou muitas lavouras, e uma lavoura é possuída por apenas um usuário (RF03).

RN11	Sensores de umidade e temperatura
------	-----------------------------------

	Um usuário pode possuir um ou muitos sensores de umidade e temperatura em lavouras, e um sensor de umidade e temperatura em lavoura está associado a apenas um usuário (RF07).
--	--

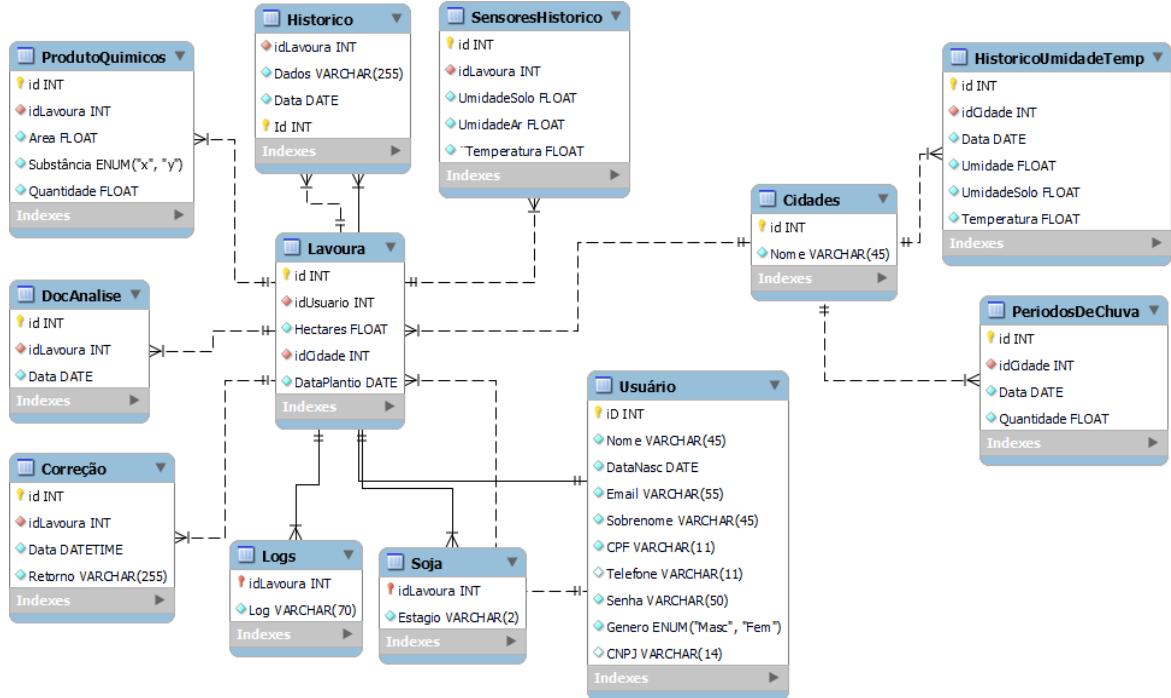
RN12	Históricos de atividade
	Um usuário pode possuir um ou muitos históricos de atividade, e um histórico de atividade é associado a apenas um usuário (RF01 e RF02). Vale ressaltar que a data de nascimento informada no cadastro de tal usuário deverá estar no formato padrão DD/MM/AAAA e o cadastro será realizado mediante confirmação através de e-mail. Ademais, em caso de requisição de exclusão de conta, o usuário será excluído após 15 dias de sua confirmação de exclusão (RF01).

Importante salientar que em anexo no apêndice do presente trabalho estarão os cenários de caso de uso de tais requisitos apresentados, ademais de outros quesitos que abrangem a modelagem.

3.2 BANCO DE DADOS

Com o intuito de representar o banco de dados do presente sistema, realizou-se um MER, modelo entidade-relacionamento, o qual expressa as variáveis atuantes em tal sistema, bem como seus relacionamentos e características. Segue abaixo a representação visual do MER:

Figura 13 - MER do sistema



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

3.3. PROTOTIPAÇÃO

A fim de ilustrar o uso do sistema, bem como sua possível programação visual, realizou-se a produção dos seguintes protótipos de tela:

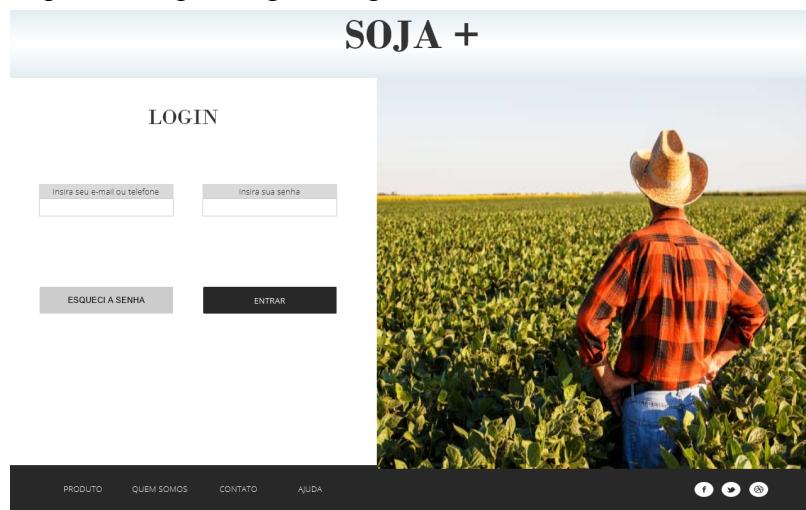
Figura 14 - Protótipo de tela para cadastro de agricultor

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela acima apresenta a interface para cadastro do agricultor, na qual estará um formulário com campos para a inserção de seu nome, sobrenome, data de nascimento, CPF,

e-mail, telefone, CNPJ (opcional), gênero e senha. Há também um botão para confirmar o envio do formulário. Após confirmar o envio, o usuário terá seu login efetuado automaticamente e será redirecionado para a tela inicial do sistema.

Figura 15 - Protótipo de tela para login de agricultor



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela referente à Figura 15 apresenta a interface para login do agricultor, a qual constitui-se na primeira tela do sistema. Nesta, estará contido um formulário com campos para a inserção de e-mail ou telefone e senha. Há também um botão para confirmar o login e um botão “Esqueci a senha”, que terá a função de redirecionar o usuário para uma tela de recuperação de senha. Após confirmar o envio, o usuário terá seu login efetuado e será redirecionado para a tela inicial do sistema.

Figura 16 - Protótipo de tela inicial



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela referente à Figura 16 apresenta a interface principal do sistema. Nesta, o usuário terá a opção de clicar no botão de área do agricultor ou no botão de área de soja. Clicando-se no primeiro, o usuário será redirecionado para a página de dados pessoais do agricultor. Clicando-se no segundo, será redirecionado para a página principal da área de soja.

Figura 17 - Protótipo de área do agricultor, subárea meus dados

ÁREA DO AGRICULTOR

MEUS DADOS PESSOAIS

Nome	Sobrenome
Data de nascimento	CPF
E-mail	Telefone
CNPJ	Senha
Gênero	
<input type="radio"/> Feminino	<input checked="" type="radio"/> Masculino

ALTERAR DADOS EXCLUIR CONTA

PRODUTO QUEM SOMOS CONTATO AJUDA

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela acima apresenta a interface para dados pessoais do agricultor, na qual estarão contidos as seguintes informações: nome, sobrenome, data de nascimento, CPF, e-mail, telefone, CNPJ, gênero e senha. Na presente interface também estarão presentes botões para a alteração de dados pessoais e exclusão de conta do agricultor.

Figura 18 - Protótipo de área do agricultor, subárea atualizar dados

ÁREA DO AGRICULTOR

ATUALIZAR DADOS AGRICULTOR

Insera seu nome Bruna	Insera seu sobrenome Corrêa
Insera sua data de nascimento 04/03/2004	Insera seu CPF 209.190.89.008
Insera seu e-mail brunalizacorreia@gmail.com	Insera seu telefone 47 991060276
Insera seu CNPJ (opcional) 23878477827	Insera sua senha arthuro03
Escolha seu gênero	
<input checked="" type="radio"/> Feminino	<input type="radio"/> Masculino

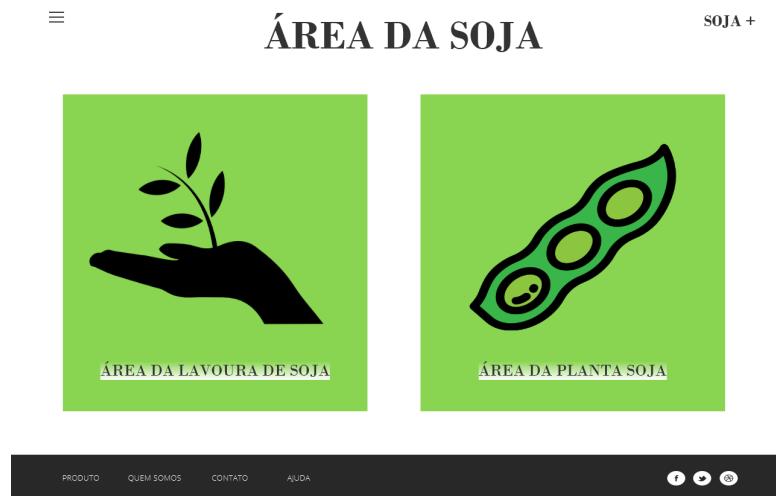
ATUALIZAR

PRODUTO QUEM SOMOS CONTATO AJUDA

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela acima contém a interface para atualizar dados do agricultor. Nesta tela será possível modificar os dados já previamente salvos durante o cadastro do próprio.

Figura 19 - Protótipo de área da soja



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela referente à Figura 19 apresenta a interface para área de soja. Nesta, o usuário terá a opção de clicar no botão de área da lavoura de soja ou no botão de área da planta de soja.

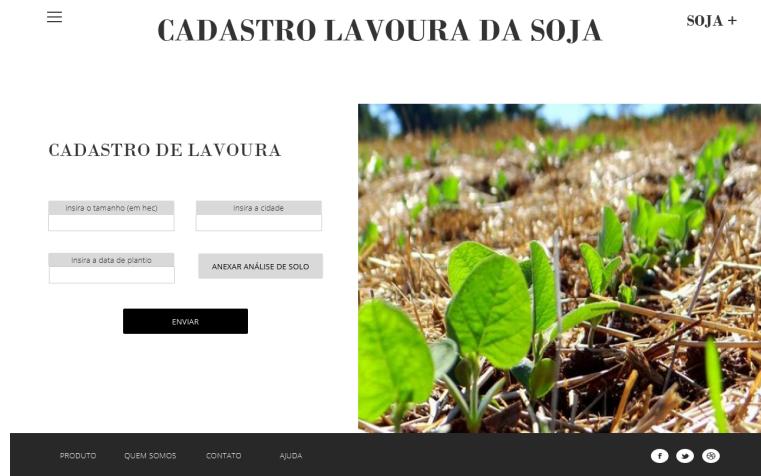
Figura 20 - Protótipo de área da lavoura de soja



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela acima contém a interface para a área da lavoura de soja. Nesta tela o usuário terá a opção de clicar nos botões de adicionar lavouras ou visualizar lavouras, o próprio será redirecionado para as telas associadas aos botões citados.

Figura 21 - Protótipo de cadastro de lavoura de soja



A interface para cadastro de lavoura de soja (Figura 21) é composta por uma barra superior com o logo "SOJA +" e o nome do formulário "CADASTRO LAVOURA DA SOJA". Abaixo, há uma seção intitulada "CADAstro DE LAVOURA" com campos para inserir o tamanho da lavoura (em hec), a cidade, a data de plantio e anexar uma análise de solo. Um botão "ENVIAR" finaliza o formulário. À direita, uma foto mostra plantas de soja crescendo em um terreno destrado.

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela referente à Figura 21 apresenta a interface para cadastro de soja. Nesta, estará contido um formulário de cadastro de lavoura de soja, com campos para a inserção dos seguintes dados: tamanho da lavoura de soja (em hec), cidade onde está localizada a lavoura de soja e data de plantio da soja. Ademais, haverá um botão para anexar o documento de análise de solo. O usuário poderá submeter o formulário clicando-se em “Enviar”.

Figura 22 - Protótipo de visualização de lavoura de soja



A interface para visualização de lavoura de soja (Figura 22) inclui uma barra superior com o logo "SOJA +", o nome do formulário "VISUALIZAR LAVOURA DA SOJA" e uma barra de navegação com links para "PRODUTO", "QUEM SOMOS", "CONTATO" e "AJUDA". Abaixo, uma barra de pesquisa com ícone de lupa e campo "Pesquisar por cidade". A tabela de visualização contém quatro linhas de resultados, cada uma com informações sobre a cidade, o tamanho da lavoura (em hec), a data de plantio, o documento de análise de solo, o resultado dos sensores e botões para "Editar" e "Excluir".

Cidade	Tamanho (em hec)	Data de plantio	Doc análise do solo	Resultado sensores	Editar	Excluir
Rio do Sul	20 hec	20/09/2021	Análise do solo	Sensores		
Rio do Sul	5 hec	19/06/2021	Análise do solo	Sensores		
Rio do Sul	100 hec	12/06/2021	Análise do solo	Sensores		
Rio do Sul	12 hec	22/07/2021	Análise do solo	Sensores		

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A respeito da Figura 22, a qual apresenta a interface para visualizar lavouras de soja, há o seguinte: há contido na tela uma tabela com os registros de dados referentes às lavouras de soja, além de opções para alteração de dados ou exclusão dos registros. Igualmente, há um campo de pesquisa de lavoura, a fim de facilitar a interação do usuário com o sistema.

Figura 23 - Protótipo de alteração de dados da lavoura

O formulário para alterar dados de lavoura de soja é intitulado "ALTERAR LAVOURA DA SOJA". Ele contém campos para inserir o tamanho (em hectáreas) e a cidade, e botões para inserir a data de plantio e anexar uma análise de solo. Um botão "ENVIAR" finaliza o formulário.

ALTERAR LAVOURA DA SOJA

inserir o tamanho (em hect.) inserir a cidade
 inserir a data de plantio ANEXAR ANÁLISE DE SOLO
 ENVIAR

PRODUTO QUEM SOMOS CONTATO AJUDA [f](#) [t](#) [g](#)

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela acima, por sua vez, contém a interface para atualizar dados da lavoura de soja. Nesta tela será possível modificar os dados já previamente salvos durante o cadastro da própria.

Figura 24 - Protótipo de visualização dos resultados dos sensores

O protótipo para visualizar resultados de sensores exibe três caixas com médias de temperatura e umidade. Abaixo, uma tabela detalha os dados diários.

Data	Temperatura na lavoura (em°C)	Temperatura na cidade (em°C)	Umidade do solo (em %)
20/09/2021	28	29	50
19/09/2021	27	28	49

PRODUTO QUEM SOMOS CONTATO AJUDA [f](#) [t](#) [g](#)

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A tela referente à Figura 24 apresenta a interface de dados dos sensores. Nesta,

estará contido uma tabela com os resultados obtidos pelos sensores para os quesitos temperatura da cidade, temperatura na lavoura e umidade da lavoura.

Figura 25 - Protótipo de área da planta de soja, subárea escolha da lavoura



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

A Figura 25, por sua vez, apresenta a tela para escolha da lavoura de soja, na qual há um campo de pesquisa da lavoura.

Figura 26 - Protótipo de área da planta de soja



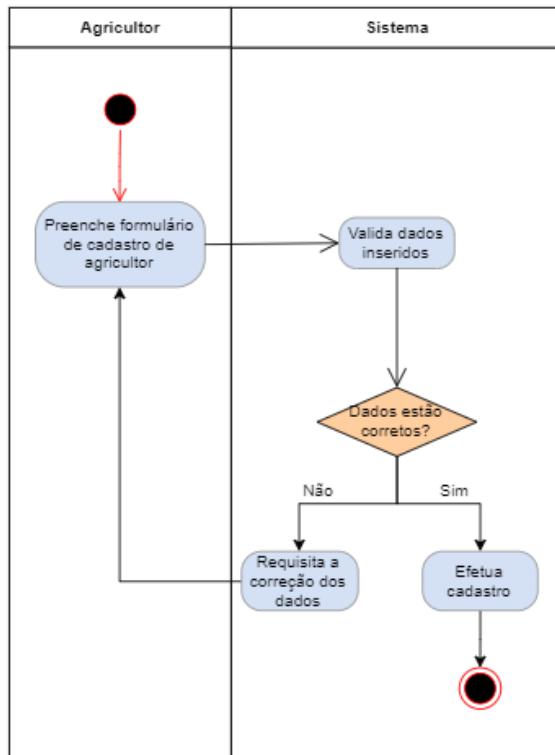
Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Por último, a Figura 26 apresenta o estágio de crescimento da soja contida na lavoura selecionada na tela da Figura 25. Ademais, expõe o tratamento ideal para tal lavoura, bem como o lucro estimado da própria. Além disso, possibilita a impressão do relatório da lavoura, contendo os dados mais relevantes acerca desta.

3.4. DIAGRAMA DE PROCESSOS

O diagrama apresentado na Figura 27 exemplifica o processo de cadastro de um agricultor no sistema. O processo inicia-se com um agricultor inserindo seus dados no formulário de cadastro. Caso as informações inseridas sejam validadas como corretas, o agricultor será cadastrado no sistema.

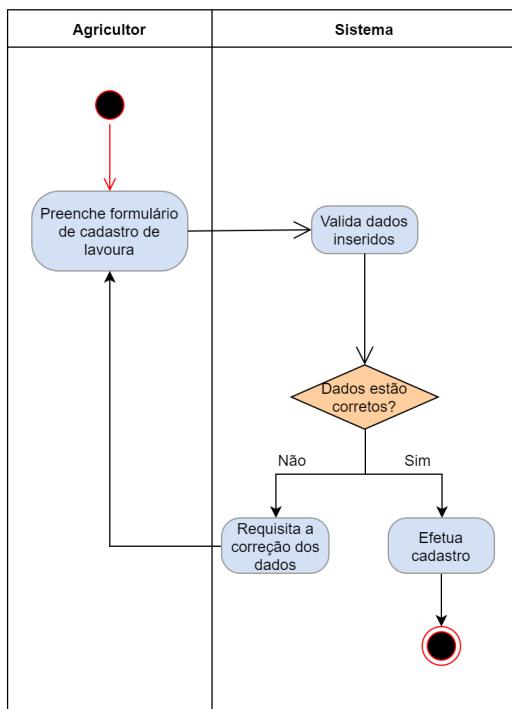
Figura 27 - Diagrama de cadastro de agricultor



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

O diagrama apresentado na Figura 28, por sua vez, exemplifica o processo de cadastro de lavouras no sistema. O processo inicia-se com um agricultor inserindo os dados de sua lavoura no formulário de cadastro. Caso as informações inseridas sejam validadas como corretas, a lavoura será cadastrada no sistema.

Figura 28 - Diagrama de cadastro de lavoura



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Baseando-se no diagrama EER fora implementado o banco de dados do sistema, o qual passou por modificações conforme a necessidade do projeto, tornando-o no banco de dados final a seguir:

Quadro 1 - Código para criação do banco de dados

1	CREATE DATABASE SOJAPLUS;
2	
3	USE SOJAPLUS;
4	
5	CREATE TABLE USUARIO(
6	id INT AUTO_INCREMENT,
7	nome VARCHAR(40) NOT NULL,
8	sobrenome VARCHAR(50) NOT NULL,
9	dataNasc DATE NOT NULL,
10	email varchar(80) NOT NULL,
11	CPF VARCHAR(14) NOT NULL,
12	telefone VARCHAR(11) NOT NULL,
13	senha VARCHAR(50) NOT NULL,
14	genero ENUM("M", "F") NOT NULL,
15	CNPJ VARCHAR(14) NOT NULL,
16	PRIMARY KEY(id)
17);
18	
19	CREATE TABLE cidade(
20	id INT AUTO_INCREMENT,
21	nome VARCHAR(50) NOT NULL,
22	PRIMARY KEY(id)
23);
24	
25	CREATE TABLE HistoricoUmidadeTemp(
26	id INT AUTO_INCREMENT NOT NULL,
27	idCidade INT NOT NULL,
28	`data` DATE NOT NULL,
29	umidade FLOAT NOT NULL,

```

30    temperatura FLOAT NOT NULL,
31    PRIMARY KEY(id),
32    FOREIGN KEY (idCidade) REFERENCES cidade(id)
33 );
34
35 CREATE TABLE PeriodosDeChuva(
36     id INT AUTO_INCREMENT,
37     idCidade INT NOT NULL,
38     `data` DATE NOT NULL,
39     quant FLOAT NOT NULL,
40     PRIMARY KEY(id),
41     FOREIGN KEY (idCidade) REFERENCES cidade(id)
42 );
43
44 CREATE TABLE LAVOURA(
45     id INT AUTO_INCREMENT,
46     idUsuario INT NOT NULL,
47     idCidade INT NOT NULL,
48     hectares INT NOT NULL,
49     dataPlantio DATE NOT NULL,
50     PRIMARY KEY(id),
51     FOREIGN KEY (idUsuario) REFERENCES usuario(id),
52     FOREIGN KEY (idCidade) REFERENCES cidade(id)
53 );
54
55 CREATE TABLE SOJA(
56     idLavoura INT,
57     estagio VARCHAR(2) NOT NULL,
58     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
59     PRIMARY KEY(idLavoura)
60 );
61
62 CREATE TABLE `LOGS`(
63     id INT AUTO_INCREMENT,
64     idLavoura INT NOT NULL,
65     `log` VARCHAR(70) NOT NULL,
66     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
67     PRIMARY KEY(id)
68 );
69
70 CREATE TABLE CORRECAO(
71     id INT AUTO_INCREMENT,
72     idLavoura INT NOT NULL,
73     `data` DATETIME NOT NULL,
74     retorno VARCHAR(255) NOT NULL,
75     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
76     PRIMARY KEY(id)
77 );
78
79 CREATE TABLE DOCANALISE(
80     id INT AUTO_INCREMENT NOT NULL,
81     idLavoura INT NOT NULL,
82     `data` DATE NOT NULL,
83     P FLOAT NOT NULL,
84     K FLOAT NOT NULL,
85     Ca FLOAT NOT NULL,
86     Mg FLOAT NOT NULL,
87     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
88     PRIMARY KEY(id)
89 );
90
91 CREATE TABLE PRODUTOSQUIMICOS(
92     id INT AUTO_INCREMENT,
93     idLavoura INT NOT NULL,
94     area FLOAT NOT NULL,
95     subs ENUM("P", "K", "Ca", "Mg") NOT NULL,
96     quant FLOAT NOT NULL,
97     `data` DATE NOT NULL,
98     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
99     PRIMARY KEY(id)
100 );
101
102 CREATE TABLE HISTORICO(
103     id INT AUTO_INCREMENT NOT NULL,

```

```

103    idLavoura INT NOT NULL,
104    dados VARCHAR(255) NOT NULL,
105    `data` DATE NOT NULL,
106    FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
107    PRIMARY KEY(id)
108 );
109
110 CREATE TABLE SENSORESHISTORICO(
111     id INT AUTO_INCREMENT,
112     idLavoura INT NOT NULL,
113     umidade FLOAT NOT NULL,
114     umidadeAr FLOAT NOT NULL,
115     temp FLOAT NOT NULL,
116     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
117     PRIMARY KEY(id)
118 );
119
120 CREATE TABLE SENSORES(
121     id INT AUTO_INCREMENT,
122     idLavoura INT NOT NULL,
123     FOREIGN KEY (idLavoura) REFERENCES lavoura(id),
124     PRIMARY KEY(id)
125 );

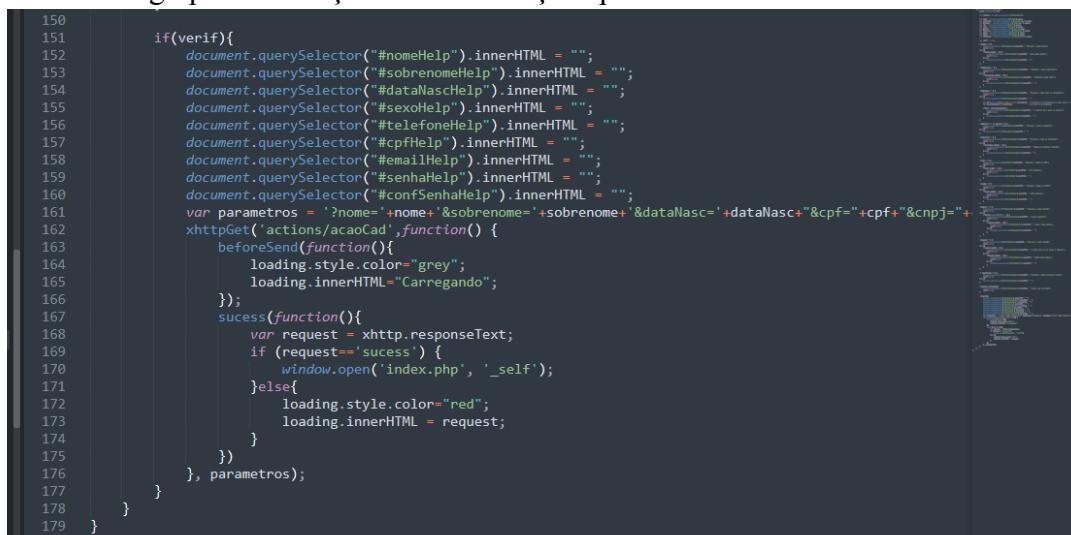
```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Levando-se em conta a ideia fundamental do software, que é a averiguação das necessidades da planta de soja e a previsão dos lucros, será explicado abaixo brevemente a forma de funcionamento do projeto.

Ao abrir o código fonte do projeto e se direcionar à pasta *js-adicional* é encontrado um diretório abundante em diversos códigos, porém o que será discutido no momento é o *cadastrar.js*. Separando o código em duas partes, a partir da linha 150, há o trecho que executa a função de averiguar se as informações estão corretas e devidamente preenchidas. Tal código está apresentado abaixo:

Figura 29 - Código para validação das informações preenchidas nos cadastros



```

150
151     if(verif){
152         document.querySelector("#nomeHelp").innerHTML = "";
153         document.querySelector("#sobrenomeHelp").innerHTML = "";
154         document.querySelector("#dataNascHelp").innerHTML = "";
155         document.querySelector("#sexoHelp").innerHTML = "";
156         document.querySelector("#telefoneHelp").innerHTML = "";
157         document.querySelector("#cpfHelp").innerHTML = "";
158         document.querySelector("#emailHelp").innerHTML = "";
159         document.querySelector("#senhaHelp").innerHTML = "";
160         document.querySelector("#confSenhaHelp").innerHTML = "";
161         var parametros = '?nome='+nome+'&sobrenome='+sobrenome+'&dataNasc='+dataNasc+'&cpf='+cpf+'&cnpj='+
162         xhttpGet('actions/acaoCad',function(){
163             beforeSend(function(){
164                 loading.style.color="grey";
165                 loading.innerHTML="Carregando";
166             });
167             sucess(function(){
168                 var request = xhttp.responseText;
169                 if (request=='sucess') {
170                     window.open('index.php', '_self');
171                 }else{
172                     loading.style.color="red";
173                     loading.innerHTML = request;
174                 }
175             })
176         },parametros);
177     }
178 }

```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

É notável que há uma separação entre o código que transforma os elementos HTML em vazios e o código voltado a requisição XHTTPP (método Get), o qual é responsável pela requisição de troca de dados pelo Ajax, apresentado no tópico 2.10.6. O código espera uma resposta do PHP, diretório *actions*, arquivo *acaoCad.php*, mostrado abaixo, este deve retornar um erro ou então sucesso caso as operações sejam bem sucedidas.

Figura 30 - Validação das operações de cadastro



```

19 $consulta = $pdo->query($sql);
20 $linha = $consulta->fetch(PDO::FETCH_BOTH);
21 if ($linha['count(*)']>0) {
22     echo "e-mail já foi cadastrado no sistema!";
23 }
24 else{
25     $sql = "SELECT count(*) FROM USUARIO WHERE telefone = '$telefone'";
26     $pdo = Conexao::getInstance();
27     $consulta = $pdo->query($sql);
28     $linha = $consulta->fetch(PDO::FETCH_BOTH);
29     if ($linha['count(*)']>0) {
30         echo "Telefone já foi cadastrado no sistema!";
31     }
32     else{
33         $sql = "SELECT count(*) FROM USUARIO WHERE CPF = '$cpf'";
34         $pdo = Conexao::getInstance();
35         $consulta = $pdo->query($sql);
36         $linha = $consulta->fetch(PDO::FETCH_BOTH);
37         if ($linha['count(*)']>0) {
38             echo "CPF já foi cadastrado no sistema!";
39         }
40     }
41 }
42 else{
43     $sql = "SELECT count(*) FROM USUARIO WHERE CNPJ = '$cnpj'";
44     $pdo = Conexao::getInstance();
45     $consulta = $pdo->query($sql);
46     $stmt = $consulta->fetch(PDO::FETCH_BOTH);
47     if ($stmt['count(*)']>0) {
48         echo "CNPJ já foi cadastrado no sistema!";
49     }
50     else{
51         $stmt = $pdo->prepare("INSERT INTO USUARIO(nome, sobrenome, dataNasc, email, CPF, telefone, senha, genero, CNPJ) VALUES (:nome, :sobrenome, :dataNasc, :email, :CPF, :telefone, :senha, :genero, :cnpj)");
52         $stmt->bindParam(':nome', $name, PDO::PARAM_STR);
53         $stmt->bindParam(':sobrenome', $surname, PDO::PARAM_STR);
54         $stmt->bindParam(':dataNasc', $dateOfBirth, PDO::PARAM_STR);
55         $stmt->bindParam(':email', $email, PDO::PARAM_STR);
56         $stmt->bindParam(':CPF', $CPF, PDO::PARAM_STR);
57         $stmt->bindParam(':telefone', $phone, PDO::PARAM_STR);
58         $stmt->bindParam(':senha', $password, PDO::PARAM_STR);
59         $stmt->bindParam(':genero', $gender, PDO::PARAM_STR);
60         $stmt->bindParam(':cnpj', $cnpj, PDO::PARAM_STR);
61         $stmt->execute();
62     }
63 }
64 echo "success";
65

```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Logo após esse processo, o usuário entra na página principal já *logado* no sistema. Redireciona-se o próprio para a área de agricultor e ,então, abrem-se duas opções, são elas: alterar dados e voltar. Retornando à página principal e direcionando-se para a área de lavoura, é possível cadastrar uma lavoura. O seu código fonte baseia-se no de cadastro de agricultores, apenas mudando os parâmetros conforme a necessidade. Seguem abaixo os códigos em JavaScript e PHP.

Figura 31 - Código para validação das informações preenchidas nos cadastro de lavoura

```
21
22     if(cidade==0) {
23         document.querySelector("#cidadeHelp").innerHTML = "Preencha o campo cidade!";
24         verif=false;
25     }else{
26         document.querySelector("#cidadeHelp").innerHTML = "";
27     }
28
29     if(dataPlantio=="") {
30         document.querySelector("#dataPlantioHelp").innerHTML = "Preencha o campo data de nascimento!";
31         verif=false;
32     }else{
33         document.querySelector("#dataPlantioHelp").innerHTML = "";
34
35         var dif=Date.parse(dataPlantio)-Date.parse(new Date); // diferença em milisegundos da data atual e a data de nascimento do usuário
36         var tresmeses=776000000; //18 anos em milisegundos
37
38         if(dif < tresmeses) {
39             document.querySelector("#dataPlantioHelp").innerHTML = "É preciso ter no minimo 3 meses de antecedencia para cadastrar a lavoura";
40         }else{
41             document.querySelector("#dataPlantioHelp").innerHTML = "";
42         }
43     }
44
45     if(verif){
46         document.querySelector("#dataPlantio").innerHTML = "";
47         document.querySelector("#cidadeHelp").innerHTML = "";
48         document.querySelector("#hectaresHelp").innerHTML = "";
49
50         var parametros = '?cidade=' + cidade + '&hectares=' + hectares + '&dataPlantio=' + dataPlantio;
51         xhttpget("./actions/cadLavouras",function() {
52             BeforeSend(function(){
53                 loading.style.color="grey";
54                 loading.innerHTML="Carregando";
55             });
56             sucess(function(){
57                 var request = xhttp.responseText;
58                 if (request== sucess) {
59                     window.open('index.php', '_self');
60                 }else{
61                     loading.style.color="red";
62                     loading.innerHTML = request;
63                 }
64             });
65         }, parametros);
66     }
67 }
```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Figura 32 - Validação das operações de cadastro de lavoura

```
1 <?php
2 session_start();
3 include_once "../conf/default.inc.php";
4 require_once "../conf/Conexao.php";
5
6 $id=$_SESSION['idsojaPlusUser'];
7 $hectares = addslashes(filter_input(INPUT_GET, 'hectares'), "\0..\37");
8 $dataPlantio = addslashes(filter_input(INPUT_GET, 'dataPlantio'), "\0..\37");
9 $cidade = addslashes(filter_input(INPUT_GET, 'cidade'), "\0..\37");
10
11
12 $pdo = Conexao::getInstance();
13 $stmt = $pdo->prepare("INSERT INTO LAVOURA(idusuario, idcidade, hectares, dataPlantio) VALUES(:idUsuario, :idCidade, :hectares, :dataPlantio)");
14 $stmt->bindParam(':idusuario', $id, PDO::PARAM_INT);
15 $stmt->bindParam(':hectares', $hectares, PDO::PARAM_INT);
16 $stmt->bindParam(':dataPlantio', $dataPlantio, PDO::PARAM_STR);
17 $stmt->bindParam(':idCidade', $cidade, PDO::PARAM_STR);
18 $stmt->execute();
19
20 $sql = "SELECT id FROM LAVOURA WHERE idUsuario = '$id' AND idCidade = '$cidade' AND hectares='$hectares' AND dataPlantio='$dataPlantio' ORDER BY id DESC ";
21 $pdo = Conexao::getInstance();
22 $consulta = $pdo->query($sql);
23 $linha = $consulta->fetch(PDO::FETCH_BOTH);
24 $idLavoura= $linha[ 'id' ];
25
26 $estagio="V0";
27
28 $pdo = Conexao::getInstance();
29 $stmt = $pdo->prepare("INSERT INTO SOJA(idlavoura, estagio) VALUES(:idlavoura, :estagio)");
30 $stmt->bindParam(':idlavoura', $idLavoura, PDO::PARAM_INT);
31 $stmt->bindParam(':estagio', $estagio, PDO::PARAM_STR);
32 $stmt->execute();
33 echo "sucess";
34 ?>
```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

No tocante ao cálculo das necessidades fisiológicas da soja, há a equação abaixo, onde “y” é a quantidade do elemento (P, K, Mg ou Ca) necessária a ser aplicada em, kg/ha, F é a quantidade final que deve estar no terreno, em kg/ha, “I” é a quantidade inicial do elemento na terra, em mg/dm³, m é o coeficiente baseado na massa molar do elemento para 1kg do mesmo (fórmula na figura 34) onde MM é a massa molar da molécula e ME é a massa molecular do elemento na molécula, “A” é a absorção do solo em %. Segue na figura 35 um exemplo baseado no elemento P (fósforo).

Figura 33 - Equação geral para obter-se a quantidade necessária de determinado elemento

$$y = (F - I \cdot 2 \cdot (m)) \cdot \left(\frac{100}{A}\right)$$

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Figura 34 - Equação do coeficiente baseado em massa molar

$$m = \frac{MM}{ME}$$

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Figura 35 - Exemplo de aplicação da equação geral

$$\begin{aligned} F &= 50\text{kg/ha}; I = 4\text{mg/dm}^3; m = \left(\frac{140}{60}\right); A = 20\%; \\ y &= (F - I \cdot 2 \cdot (m)) \cdot \left(\frac{100}{A}\right) \\ y &= (50\text{kg/ha} - 4\text{mg/dm}^3 \cdot 2 \cdot \left(\frac{140}{60}\right)) \cdot \left(\frac{100}{20}\right) \\ y &= (50\text{kg/ha} - 8\text{kg/ha} \cdot \left(\frac{7}{3}\right)) \cdot 5 \\ y &= (50\text{kg/ha} - 18.67\text{kg/ha}) \cdot 5 \\ y &= (31.33\text{kg/ha}) \cdot 5 \\ y &= 156.65\text{kg/ha} \end{aligned}$$

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Variando o elemento, pode-se dispersar a adubação de formas iguais em períodos equivalentes, por exemplo para P deve-se adubar o solo uma semana antes, para os elementos Mg e Ca 2 meses antes e para K em determinados estágios da soja, como V0, V3 e R1, como demonstra o protótipo de código abaixo:

Figura 36 - Protótipo de código de adubação para K

```
#K (durante todo o período)
#mg/dm² * 2 =kg/ha
docK=4
estagio= "V0"
#1/3 para cada estágio de virada(semeadura, V3 e R1)
if estagio == "V0":
    docKgHa=docK*2*1.21
    necessidadeKSemeadura=round(((50-docKgHa)*(100/25.51), 2)*1/3
if estagio == "V3":
    docKgHa=docK*2*1.21
    necessidadeKSemeadura=round(((50-docKgHa)*(100/25.51), 2)*2/3
if estagio == "R1":
    docKgHa=docK*2*1.21
    necessidadeKSemeadura=round(((50-docKgHa)*(100/25.51), 2)

[82]: necessidadeKSemeadura
[82]: 52.686666666666667
```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Para prever a o valor gasto para a adubação é necessário um código capaz de produzir uma regressão linear, levando em consideração que x é a quantidade em kg e y é o preço do elemento, no exemplo abaixo utilizamos o P como elemento para a equação da regressão linear. Abaixo segue um protótipo de código para visualização do processo e ao final definimos a quantidade de hectares e de kg/ha para obtermos o valor em R\$ de y.

Figura 37 - Código e sua execução na ferramenta Jupyter Lab

```
In [273]: #para cada elemento(P é X):
import numpy as np
import random as rd

#quantidade de Peso/colas
x=[5, 15, 1, 5, 26, 20, 25, 1, 1, 2, 28, 15, 25, 15]
y=[36, 199, 20, 85, 34, 9, 236, 250, 190, 38, 268, 25, 9, 13, 59, 28, 287, 04, 65, 9, 140, 189]

#quantidade de valores em x e y
lenX = len(x)
lenY = len(y)

#pré definindo os possíveis erros para considerarmos na regressão
erro=xp.random.normal(size=lenX)

#quantidade x valor
XxY=xp.random.normal(size=lenX)
i=0

while i < lenX:
    #quantidade x valor
    XxY[i]=x[i]*y[i]
    i+=1

#quantidade
XxY=xp.random.normal(size=lenX)
i=0

while i < lenX:
    #quantidade x valor
    XxY[i]=x[i]*y[i]
    i+=1

#somatoria(x, y, XXy, X2)
#somatoria de X
somatoriaX=0
for val in x:
    somatoriaX=somatoriaX+val

#somatoria de Y
somatoriaY=0
for val in y:
    somatoriaY=somatoriaY+val

#somatoria de XXy
somatoriaXXy=0
for val in XxY:
    somatoriaXXy=somatoriaXXy+val

#somatoria de X2
somatoriaX2=0
for val in x2:
    somatoriaX2=somatoriaX2+val

In [267]: #B=(c*sumatoriaXY - somatoriaX*sumatoriaY)/(n*sumatoriaX2-somatoriaX*somatoriaX)
b=(c*sumatoriaXY - somatoriaX*sumatoriaY)/(n*sumatoriaX2-somatoriaX*somatoriaX)
b=((lenX*sumatoriaXY) - (somatoriaX*sumatoriaY))
b=(lenX*sumatoriaX2)-(somatoriaX*somatoriaX)
b=b/b1

In [268]: #A=(sumatoria(Y-somatoriaX*G))/n
a=(sumatoriaY-sumatoriaX*G)/n
a=a/lenX

In [269]: #somatoria de erro
somatoriaErro=erro[0]-erro[rd.randrange(1,lenY)]
```

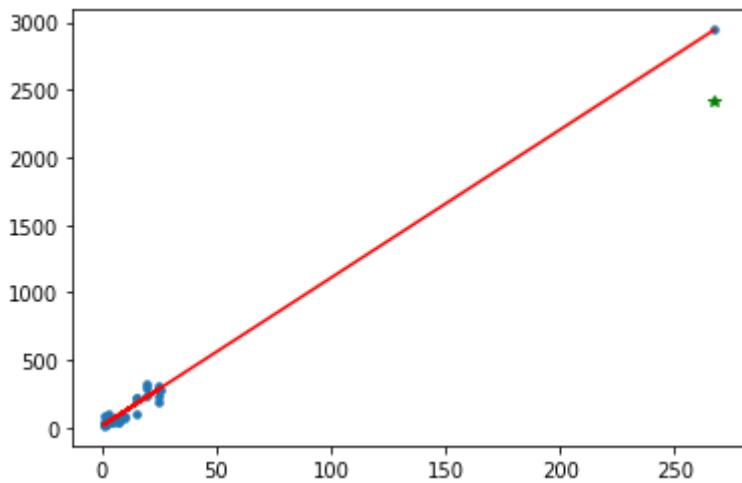
```
In [270]: #requisito final
Nhectares=4
Quant=66,8*Nhectares
QuantN=Quant/18
QuantN=round((a+b*QuantN - somatoriaErro)*10, 2)
```

```
In [271]: Val
Out[271]: 2485,39
```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Fazendo-se uso da biblioteca matplotlib na ferramenta jupyter lab é possível obter a representação desta regressão linear, em uma reta apresentada abaixo. O ponto verde é o valor obtido no código da figura 37.

Figura 38 - Representação visual da regressão linear



Fonte: Acervo dos autores, 2021

Salienta-se que é necessário para a evolução do projeto códigos que obtêm os dados dos sensores, os quais estão localizados em uma determinada lavoura. Na idealização do projeto foi imposto que o arduino deveria obter os dados dos sensores e alocar os mesmos em suas respectivas tabelas no banco de dados, contudo, para tal é necessário um website hospedado, haja visto que isso não era possível, fora implementado um código que apenas lê os dados dos sensores. Segue o código no quadro abaixo:

Quadro 2 - Código de obtenção de dados dos sensores

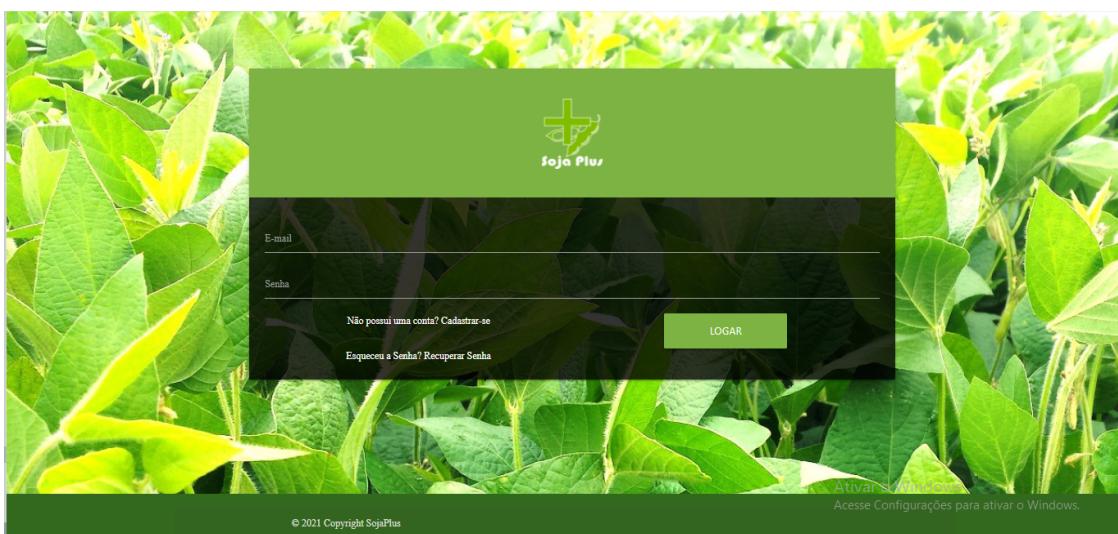
```
1 //includes basicos
2
3 #include <math.h>                                // Incluímos a biblioteca Math
4
5 // Configuração do DHT
6 #include <DHT.h>                                 // Incluímos a biblioteca DHT
7 #define DHTPIN A0                                // Pino analógico do DHT11
8 #define DHTTYPE DHT11                            // DHT 11
9 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);                         // Declarando passando as funções da biblioteca para a variável
10
11
12 void setup() {
13     Serial.begin(9600);                           // Iniciamos a comunicação serial
14     dht.begin();                                 // Iniciamos o dht
15 }
16
17 void loop() {
18     float t = dht.readTemperature();              // Leitura da temperatura
19
20     float u = analogRead(A1);
21     Serial.print("Temperatura: ");
22     Serial.println(t);
23     Serial.print("Umidade: ");
24     Serial.println(u);
25     delay(2000);
26 }
```

Fonte: Acervo dos autores, 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho, em seu atual estágio, permite ao agricultor cadastrar-se no sistema, realizar o seu login no próprio, cadastrar suas lavouras e visualizar dados referentes aos sensores inseridos em suas lavouras, tais como a temperatura e umidade desta. Ademais, o sistema concede acesso à visualização do estágio da soja na lavoura do agricultor, sugere tratamentos ao solo, com base nas insuficiências identificadas, e indica uma estimativa para o lucro que tal lavoura irá gerar. Segue abaixo as imagens de login do website e cadastro de agricultores, respectivamente.

Figura 39 - Tela atual de login



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Figura 40 - Tela atual de cadastro de agricultor



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Ao efetuar-se o login, o agricultor será redirecionado à página principal do sistema, pela qual é permitido acessar a área do agricultor e a área da lavoura de soja. Na área do agricultor, é possível visualizar os dados do agricultor e atualizá-los. Na área da lavoura de soja, por sua vez, o agricultor pode cadastrar uma lavoura, alterar os dados dela e excluí-los, havendo a possibilidade também de cadastrar um documento de análise do solo e adicionar um produto para ser utilizado na adubação.

Figura 41 - Tela atual de cadastro de lavoura



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Ao escolher a opção de cadastrar documento de análise do solo na página área da lavoura, o agricultor será redirecionado à página de cadastro documento de análise. Nesta página será necessário que o usuário preencha o campo corretamente para o devido funcionamento do cadastro. Após a confirmação do cadastro do documento, o usuário será redirecionado à página anterior. Vale ressaltar que ele não poderá alterar o documento e somente poderá cadastrar um novo.

Figura 42 - Tela atual de cadastro de documento de análise do solo



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

Ao entrar na página principal da área de lavoura o usuário se deparará com uma gama de opções para cada lavoura, podendo alterá-la, excluir, adicionar documento de análise do solo e adicionar produto, porém ao centro (eixo horizontal) é notável a aparição da proposta de correção do solo.

Figura 43 - Tela principal da lavoura



Fonte: Acervo dos autores, 2021.

5 CONCLUSÃO

Hodiernamente, a cultura da soja é de extrema importância para a economia brasileira. No entanto, o custo da produção de soja é algo eximamente caro, principalmente no tocante aos adubos e fertilizantes utilizados. Nesse sentido, averigua-se que o presente trabalho é de suma importância para a sociedade, tendo em vista a implementação deste, a qual oportunizará a diminuição dos preços de produção da soja, já que o desperdício de fertilizantes e adubos será reduzido.

No decorrer de seu desenvolvimento, foi possível atingir os objetivos elencados outrora, visto que conseguimos desenvolver um sistema capaz de auxiliar os agricultores do alto vale do Itajaí a gerar safras de soja mais produtivas, em prol da sustentabilidade. Vale ressaltar que todos os módulos fundamentais do sistema foram implementados e estão completamente funcionais.

Dessa forma, com objetivos do trabalho alcançados, uma proposta de continuidade é o desenvolvimento de um aplicativo e a implementação de um módulo para controle de pragas sazonais, a qual terá por função identificar as pragas da soja mais recorrentes para aquela época do ano e estágio de plantio, a fim de que o defensivo agrícola ideal seja utilizado e na medida correta, não gerando prejuízos para a natureza e favorecendo o aumento da produtividade das lavouras.

REFERÊNCIAS

“Confira os 20 produtos brasileiros mais exportados em 2020!”. **DC Logistics Brasil**, 4 de janeiro de 2021. Disponível em: <<https://dclogisticsbrasil.com/20-produtos-brasileiros-mais-exportados-em-2020/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

A biblioteca scikit-learn – Python para machine learning. **Didática Tech Inteligência Artificial & Data Science**. Disponível em: <<https://didatica.tech/a-biblioteca-scikit-learn-python-para-machine-learning/>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Alceu Richetti, Viabilidade econômica da cultura da soja para safra 2019/2020, na região centro-sul de Mato Grosso do Sul, **Embrapa**, 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200260/1/COT-251-2019.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Afinal, qual é a diferença entre Hardware e Software?. **Net Support**. Disponível em: <<https://netsupport.com.br/diferenca-entre-hardware-e-software/>>. Acesso em: 17 set. 2021.

Arduino Home. **Arduino**, 2021. Disponível em: <<https://www.arduino.cc>>. Acesso em: 17 set. 2021.

C (linguagem de programação). **Wikipédia**. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/C_\(linguagem_de_programação\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/C_(linguagem_de_programação))>. Acesso em: 25 jul. 2021.

CAMBISSOLOS. **IAC - Instituto Agronômico**, 2014. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solossp/pdf/Cambissolos.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Cana de açúcar. **Ageitec**, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_82_22122006154841.html>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

COLETA DA AMOSTRA. **Laboratório Rural de Maringá**, 2019. Disponível em: <<https://laboratoriorural.com.br/coleta-da-amostra>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

COTAÇÕES SOJA. **Canal Rural**, 31 de maio de 2021. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/cotacao/soja/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Desenvolvimento da cultura da soja: estádios x práticas de manejo. **Mais soja**, 2020. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/desenvolvimento-da-cultura-da-soja-estadios-x-praticas-de-manejo/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Desenvolvimento da cultura da soja: segundo trifólio (V2) x práticas de manejo. **Mais soja**, 2020. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/desenvolvimento-da-cultura-da-soja-segundo-trifolio-v2-x-praticas-de-manejo/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

EDUARDO. Sensor de umidade do solo: para que serve e como funciona. **Irrigat**, 2019. Disponível em: <<https://irrigat.com.br/sensor-de-umidade-do-solo-para-que-serve-e-como-funciona/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Elyrios, Gabriel Wathier. 7 Problemas do excesso na fertilização de cultivos. **Elyrios**, 18 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://elyrios.com.br/blog/7-problemas-do-excesso-na-fertilizacao-de-cultivos/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Embrapa Soja. **Embrapa**, sem data informada. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Front-end e Back-end: você sabe quais são as diferenças entre eles?. **HSM University**, 2020. Disponível em: <<https://hsmuniversity.com.br/blog/front-end-e-back-end-diferenca/>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Furtado, Teresa, O que é HTML? Saiba do que são feitos os sites da Internet. **TechTudo**. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2011/08/o-que-e-html-saiba-do-que-sao-feitos-os-sites-da-internet.html>>. Acesso em: 25 jul. 2021

Gabriel Dias Gonçalves Nunes e Thiago Bruno Caparelli, SisMAC-AI: Módulo de Inteligência Artificial para tomada automática de decisões no controle de estufas agrícolas, **IFTM**, 2011. Disponível em: <https://iftm.edu.br/sin/2011/trabalhos/021011230526_resumo_expandido_-_sismac-ai.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Gabriel Schade. IA, ML, DL e RNA não são a mesma coisa!. **Gabriel Schade GitHub IO**, 26 de março de 2018. Disponível em: <<https://gabrielschade.github.io/2018/03/26/IA-concepts.html>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Gilberto Fugimoto. A Importância da Soja na Economia Brasileira e na Segurança Alimentar. **Slideshare**, 13 de maio de 2016. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/GilbertoFugimoto/a-importncia-da-soja-na-economia-brasileira-e-na-segurana-alimentar>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

GITTI, Douglas de Castilho; ROSCOE, Renato. Manejo e Fertilidade do Solo para a Cultura da Soja. **Fundação MS**, 2018. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/267/267/5ae094693ac7eb62b18892214e39e87c4db50d63f6523_capitulo-01-manejo-e-fertilidade-do-solo-para-a-cultura-da-soja-somente-leitura-.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Ifope, A Importância do Uso de Fertilizantes na Agricultura. **Blog Ifope**, 18 de junho de 2019. Disponível em: <<https://blog.ifope.com.br/uso-de-fertilizantes-na-agricultura/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Importância da Agronomia. **Plante Saber**, sem data. Disponível em: <<https://plantesaber.com.br/agronomia/importancia-da-agronomia/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Inteligência Artificial em Jogos Eletrônicos. **André Kishimoto**, 2004. Disponível em: <http://www.karenreis.com.br/pdf/andre_kishimoto.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Intoxicação por agrotóxicos. **Biblioteca Virtual em Saúde**, 11 de setembro de 2015. Disponível em: <<https://bvsms.saude.gov.br/dicas-em-saude/2084-intoxicacao-por-agrotoxicos>>. Acesso em: 31 de maio.

Jupyter. **Jupyter**, 2021. Disponível em: <<https://jupyter.org/>>. Acesso em: 17 set. 2021.

LOPES, Alessandra Lomelino Campos. Cultivo e manejo da soja. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**, 2013. Disponível em: <<http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc2OTI%3DAcesso>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura da Soja. **EMBRAPA**, 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/116424/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadesoja.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

MATHEUS. O Uso da Água na Cultura de Soja. **AgroSmart**, 2019. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/o-uso-da-agua-na-cultura-de-soja/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

MENDES, Thiago Ferreira. **PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTA**, 2019. Disponível em: <https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_13/2019-11-21-02-51-30Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Tiago%20Mendes.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Michelly Moraes, O que são Fertilizantes? Saiba a Importância para a Agricultura. **Agropós**, 2020. Disponível em: <<https://agropos.com.br/o-que-sao-fertilizantes/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

MORAES, Michelly. Adubação: os Diferentes Tipos e como Realizar essas Técnicas!. **Agropós**, 2021. Disponível em: <<https://agropos.com.br/adubacao/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

MySQL. **MySQL**, 2021. Disponível em: <<https://www.mysql.com/products/workbench/>>. Acesso em: 17 set. 2021.

MySQL. **Wikipédia**, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/MySQL>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

NONATO, Júlio José. **NUTRIÇÃO, FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE SOJA INOCULADA COM Azospirillum brasiliense E REGULADORES VEGETAIS**, 2016. Disponível em: <http://www.unicentroagronomia.com/images/noticias/dissertacao_para_defesa_julio.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2021.

NOLETOM, Cairo, Linguagem C: o que é e quais os principais fundamentos. **Trybe**, 2020. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/linguagem-c/>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

O que é o AJAX. **DEVMEDIA**. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/o-que-e-o-ajax/6702>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

O Que é AJAX e Como Funciona?. **Hostinger**. Disponível em: <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-ajax>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

O que é open source?. **Canaltech**, sem data. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/produtos/O-que-e-open-source/>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

O que é CSS?. **TecMundo**, 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/programacao/2705-o-que-e-css-.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

O que é e como usar o MySQL?. **TecTudo**. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-e-como-usar-o-mysql.html>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

O que é Python, para que serve e por que aprender?. **Kenzie**, 2013. Disponível em: <<https://kenzie.com.br/blog/o-que-e-python/>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PICOLLI, Everton. A IMPORTÂNCIA DA SOJA PARA O AGRONEGÓCIO: Uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no Município de Santa

Cecília do Sul, 2019. Disponível em: <<https://www.fatrs.com.br/faculdade/uploads/tcc/d464ec1e2f2c450aa33bb0e990b54878.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Pandas. **Pandas**. Disponível em: <<https://pandas.pydata.org>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Por que a Linguagem Python é Tão Popular em Machine Learning e Inteligência Artificial?. **Data Science Academy**, 2020. Disponível em: <<https://blog.dsacademy.com.br/por-que-a-linguagem-python-e-tao-popular-em-machine-learning-e-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Sensor de Umidade do Solo. **Sigma**, 2020. Disponível em: <<https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

SENSOR UMIDADE DO SOLO COM SONDA RESISTENTE A CORROSÃO. **Casa do Led**, 2020. Disponível em: <<https://www.casadoledgarca.com.br/sensor-umidade-do-solo-com-sonda-resistente-a-corrosao-429.html>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Severino Ferreira Alexandre, Exposição a agrotóxicos e fertilizantes químicos: agravos à saúde dos trabalhadores no agronegócio do abacaxi em limoeiro do norte-ce, **Repositório UFC**, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15792/1/2009_dis_sfalexandre.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. **Agritempo**, 2021. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/solos.jsp?siglaUF=SC>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

Vinícius Tessele, Augusto Vaghetti Luchese e Arnaldo Cândido Júnior, SISTEMA IMUNOLÓGICO ARTIFICIAL PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO APLICADA EM EXPERIMENTO COM ALFACES (*Lactuca sativa*), **Confea**, 2009. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/219_siaprdaee.ca.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

Vamos falar de Python. **Escola Superior de Tecnologia da informação INFNET**, 2020. Disponível em: <<https://www.infnet.edu.br/esti/vamos-falar-de-python/>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

XML - Extensible Markup Language. **UFRJ**. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/00_1/miguel/link13.htm>. Acesso em: 25 jul. 2021.