



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO ENGENHARIA QUÍMICA E DE ALIMENTOS
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Henrique Lessa de Araujo

**ABORDAGEM SOBRE A OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÕES E
GESTÃO DE RESÍDUOS ALIMENTARES NA AGROPECUÁRIA: PROPOSTA DE
UMA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL**

Florianópolis – SC

2023

Henrique Lessa de Araujo

**ABORDAGEM SOBRE A OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÕES E
GESTÃO DE RESÍDUOS ALIMENTARES NA AGROPECUÁRIA: PROPOSTA DE
UMA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Lanza

Florianópolis - SC
2023

de Araujo, Henrique Lessa

ABORDAGEM SOBRE A OTIMIZAÇÃO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÕES E GESTÃO DE RESÍDUOS ALIMENTARES NA AGROPECUÁRIA: PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO TECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL. / Henrique Lessa de Araujo ; orientador, Marcelo Lanza, 2023.

64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia de Alimentos,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Alimentos. 2. Formulação de Ração. 3. Agropecuária. 4. Resíduos. 5. Tecnologia em Inteligência Artificial. I. Lanza, Marcelo . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Alimentos. III. Título.

Este trabalho é dedicado à minha família e meus cachorros, sem eles não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha mãe Sueli Pinto Périco Lessa de Araujo e meu Pai Marcos Lessa de Araújo, as minhas avós já falecidas Amélia Maria Pinto e Josefina dos Anjos, à meu avô Irineu Lessa de Araújo já falecido, e a meu avô Gildo Périco em vida com 100 anos.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de ter cursado uma das melhores universidades em solo brasileiro, agradeço ao curso de Engenharia de Alimentos, agradeço ao estado de Santa Catarina por me ter acolhido e ter proporcionado tantas boas experiências que serão para sempre lembradas.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Lanza pelos ensinamentos, conversas e principalmente pela paciência em me orientar neste trabalho.

Agradeço ao departamento de Engenharia Química e de Alimentos pela estrutura e qualidade sem igual, que proporcionou ao longo dos anos oportunidades que muitas vezes passam despercebidas e são por nós, infelizmente, negligenciadas.

Agradeço a todos os meus cachorros, que foram ao longo dos meus anos de vida meus verdadeiros companheiros, meus amigos, fiéis, honestos, grandiosos de sentimento, alegres, valentes e de intenções puras. A definição de amor.

Agradeço profundamente aos animais, com os quais compartilhamos e coexistimos neste planeta, e que nos ensinam coisas que não podem ser aprendidas com seres humanos.

Muito obrigado.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) explora de maneira abrangente a complexa dinâmica da formulação de ração e gestão de resíduos alimentares na agricultura animal, destacando a urgente necessidade de estratégias sustentáveis. O estudo reconhece o desafio duplo que confronta a indústria: garantir uma nutrição ótima para os animais enquanto gerencia o significativo problema de resíduos e desperdícios alimentares de uma maneira que reduz o impacto ambiental.

O trabalho começa por dissecar as complexidades da formulação de ração. Ressalta a importância de uma dieta equilibrada e nutritiva para o crescimento, produtividade e saúde ótimos do gado. As abordagens atuais para a formulação de ração são avaliadas, revelando questões como a dependência excessiva de um número limitado de alimentos e os altos custos de insumos, que dificultam a sustentabilidade econômica e ambiental. O trabalho defende a inclusão mais ampla de alimentos alternativos, como resíduos alimentares, subprodutos e proteínas novas, que poderiam melhorar a diversidade e sustentabilidade da ração, reduzindo a dependência dos recursos de ração tradicionais, muitas vezes insustentáveis. A segunda parte do estudo apresenta estratégias inovadoras para transformar resíduos alimentares em valiosos ingredientes para ração. Essas estratégias englobam intervenções tecnológicas, como digestão anaeróbia e criação de insetos, e medidas regulatórias para facilitar o uso seguro e eficiente de resíduos alimentares na ração animal. O trabalho conclui com uma discussão sobre os desafios para implementar essas práticas sustentáveis, incluindo obstáculos técnicos, barreiras regulatórias e falta de conscientização e educação técnica entre os participantes do cenário. O estudo enfatiza ainda a necessidade de políticas que promovam a formulação de ração sustentável e o manejo de resíduos, além de pesquisa e desenvolvimento contínuos nessas áreas.

Por fim, este TCC destaca a exploração de uma solução técnica para os problemas propostos, a fim de otimizar a formulação de alimentos e a gestão de resíduos na agricultura animal, sempre com o objetivo de tornar o setor mais sustentável e seguro para o meio ambiente.

Palavras-chave: Formulação de ração, Resíduos alimentares, Agricultura animal, Sustentabilidade, Abordagem técnica.

ABSTRACT

This Thesis explores comprehensively the complex dynamics of feed formulation and food waste management in animal agriculture, highlighting the urgent need for sustainable strategies. The study acknowledges the dual challenge facing the industry: ensuring optimal nutrition for animals while managing the significant problem of food waste in a way that reduces environmental impact.

The work begins by dissecting the complexities of feed formulation, emphasizing the importance of a balanced and nutritious diet for optimal growth, productivity, and health of livestock. Current approaches to feed formulation are evaluated, revealing issues such as excessive dependence on a limited number of feedstuffs and high input costs, which hinder economic and environmental sustainability. The thesis advocates for the broader inclusion of alternative feedstuffs, such as food waste, by-products, and novel proteins, which could improve the diversity and sustainability of feed, reducing dependence on traditional, often unsustainable feed resources.

The second part of the study presents innovative strategies for transforming food waste into valuable feed ingredients. These strategies encompass technological interventions, such as anaerobic digestion and insect farming, and regulatory measures to facilitate the safe and efficient use of food waste in animal feed.

The work concludes with a discussion on the challenges of implementing these sustainable practices, including technical obstacles, regulatory barriers, and a lack of awareness and technical education among stakeholders. The study further emphasizes the need for policies that promote sustainable feed formulation and waste management, as well as ongoing research and development in these areas.

Finally, this thesis highlights the exploration of a technical solution to the proposed problems, aiming to optimize feed formulation and waste management in animal agriculture, always with the goal of making the sector more sustainable and environmentally safe.

Keywords: Feed formulation, Food waste, Animal agriculture, Sustainability, Technical approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de milho no Brasil – 1961 à 2019.....	29
Figura 2 – CO ₂ por desperdício no Brasil – 1990 à 2019.....	30
Figura 3 – CH ₄ por queima de resíduos da agricultura no Brasil – 1961 à 2019.....	31
Figura 4 – NO ₂ por resíduos da agricultura no Brasil – 1961 à 2019.....	32
Figura 5 – Consumo médio com formulações feed por fazendas e regiões.....	34
Figura 6 – Valor total de produção por fazendas e regiões.....	35
Figura 7 – Ambiente Jupyter Notebook, aplicação de regressão linear múltipla.....	36
Figura 8 – Previsão da produção de colheita.....	37
Figura 9 – Ambiente Jupyter Notebook, aplicação de Random Forest.....	38
Figura 10 – Relação entre variáveis e previsibilidade com Random Forest.....	39
Figura 11 – Jupyter Notebook, composição nutricional Soja (Amostra).....	41
Figura 12 – Composição nutricional da Soja (gramas).....	42
Figura 13 – Composição nutricional da Soja (miligramas).....	43
Figura 14 – Jupyter Notebook, composição nutricional Cevada (Amostra).....	44
Figura 15 – Composição nutricional da Cevada (gramas).....	45
Figura 16 – Composição nutricional da Cevada (miligramas).....	46
Figura 17 – Jupyter Notebook, composição nutricional do Milho Branco (Amostra).....	47
Figura 18 – Composição nutricional do Milho Branco (gramas).....	48
Figura 19 – Composição nutricional do Milho Branco (miligramas).....	49
Figura 20 – Jupyter Notebook, composição nutricional total (Amostra).....	50
Figura 21 – Composição nutricional total (gramas).....	51
Figura 22 – Composição nutricional total (miligramas).....	52
Figura 23 – Composição de Aminoácidos.....	53
Figura 24 – Relação química da formulação feed.....	54
Figura 25 – Características da molécula de Ácido Glutâmico.....	55
Figura 26 – Molécula de Ácido Glutâmico.....	55
Figura 27 – Características da molécula de Leucina.....	56
Figura 28 – Molécula de Leucina.....	56
Figura 29 – Mapa de calor : Acido Glutâmico e Leucina.....	57
Figura 30 – Interação de dados com o modelo GPT 3.5 Turbo 16K.....	59
Figura 31 – Interação de dados com o modelo GPT 3.5 Turbo 16K(2).....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA

USDA – DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS

MIT – INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE MASSACHUSETTS

ML – MACHINE LEARNING

IA – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

GPT – GENERATIVE PRE-TRAINED TRANSFORMER

LLM – LARGE LANGUAGE MODEL

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
CAPÍTULO 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
2.1 DESAFIOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	13
2.2 SETOR ECONÔMICO E SOCIAL NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	15
2.3 INOVAÇÕES NAS FORMULAÇÕES E GESTÃO DE RESÍDUOS.....	17
2.4 SOLUÇÃO TÉCNICA PARA OTIMIZAR A FORMULAÇÃO DE RAÇÕES E MELHORAR A GESTÃO DE RESÍDUOS.....	21
CAPÍTULO 3 – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	22
3.1 DEFINIÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	22
3.2 - MODELOS GPT, LLM E DEFINIÇÕES - (OPENAI).....	23
3.3 F2HT.....	24
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA APLICAÇÃO E A FERRAMENTA F2HT.....	26
4.1 DADOS AMBIENTAIS E DE PRODUÇÃO.....	27
4.2 DADOS ESPECÍFICOS DE AGRICULTURA.....	32
4.3 ESTIMATIVAS FUTURAS DE PRODUÇÃO.....	35
4.4 CALCULADORA NUTRICIONAL DE NOVAS FORMULAÇÕES.....	39
4.5 COMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS.....	52
4.6 RELAÇÃO QUÍMICA ENTRE OS COMPONENTES.....	53
4.7 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS AMINOÁCIDOS.....	54
4.8 INTERAÇÃO DOS DADOS COM O MODELO GPT 3.5 TURBO 16K.....	57
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO E VIABILIDADE.....	60
CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS.....	62

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Agricultura e agropecuária desempenham papéis vitais na economia global, provendo entre outros, fontes essenciais de proteína para bilhões de pessoas. Contudo, a indústria enfrenta desafios consideráveis relacionados à formulação de rações e à gestão de resíduos alimentares. O crescimento populacional, a dificuldade em obtenção de fontes alimentares nutritivas adequadas aos animais e o impacto ambiental são apenas alguns obstáculos que o setor enfrenta. O desperdício de alimentos é um fator de grande impacto neste cenário, isso não apenas tem implicações econômicas significativas, mas também impõe uma pressão substancial sobre os recursos naturais, contribuindo para as mudanças climáticas e a perda da biodiversidade.

As formulações *feed* que tem por objetivo alimentar os animais de criação e abate, visam garantir ótima nutrição para estes, e apresentam um desafio tão significativo quanto o de resíduos e mau uso de alimentos na indústria, muitas formulações apresentam alto custo e ingredientes limitados. Com a inclusão de fontes alternativas de alimentos podemos dar um rumo diferente a este cenário, alternativas como resíduos alimentares, subprodutos da indústria da agricultura e da agropecuária, assim como novas fontes de proteínas, são fortes candidatos a opções para diminuir estas dificuldades.

Este é um problema atual, com complexidade elevada e inúmeras variáveis, devemos utilizar todos os recursos disponíveis a nosso favor para chegarmos a soluções plausíveis para o problema, a implementação técnica de ferramentas e tecnologias devem ser levadas em conta. A inteligência artificial e o aprendizado em máquina podem ser utilizados para prever novas formulações e compreender como os ingredientes interagem entre si, e também analisar dados da indústria e dos setores de produção que tem sentido grande impacto com o aumento populacional.

Este trabalho pretende explorar profundamente essas questões e propor soluções viáveis para a otimização da formulação de rações e a gestão de resíduos na agricultura animal, visando sempre a criação de um setor mais sustentável e seguro para o meio ambiente. Ao comparar as fontes de alimentos e matrizes alimentares utilizadas nas formulações e suas fontes alternativas de nutrição.

1.1 - OBJETIVOS

Identificar os problemas da indústria de produção, consumo e desenvolvimento de alimentação animal, bem como explorar fatores econômicos, sociais e morais das decisões tomadas, propor ao final uma solução objetiva e técnica com o intuito de diminuir os danos e prejuízos que são causados pelas más escolhas e conceitos sedimentados de forma errada pela indústria de alimentação animal.

1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar os principais desafios enfrentados pela indústria de alimentação animal, incluindo formulação de rações, gestão de resíduos e impacto ambiental.
2. Avaliar o impacto econômico, social e moral desses desafios na indústria de alimentação animal.
3. Realizar uma revisão de literatura para identificar tendências e inovações na formulação de rações e gestão de resíduos na agricultura animal.
4. Propor uma solução técnica para otimizar a formulação de rações e melhorar a gestão de resíduos, visando reduzir danos e prejuízos causados por práticas inadequadas.
5. Avaliar as implicações e viabilidade da solução proposta para a indústria de alimentação animal.

CAPÍTULO 2 – CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 - DESAFIOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL

O advento dos sistemas de alimentação animal, assim como muitos outros, possibilitaram o homo sapiens desenvolver-se de maneira mais proeminente, acelerada, cooperativa e com eficiência. Dito isso, é importante aqui fazermos uma ressalva de que desta maneira o homem acelerou seu crescimento, e em contrapartida explorou outras espécies que lhe fornecem vida em troca da extensão de sua própria, questões fundamentais sobre coexistência e direitos dos animais devem ser considerados.

Ninguém sabe quando os sistemas de alimentação animal deliberados se desenvolveram, pois isso aconteceu antes do advento da escrita. Técnicas de criação de animais desenvolveram-se espontaneamente cerca de 12.000 anos atrás em várias áreas do chamado 'Crescente Fértil', uma antiga área de civilização humana que se estende entre a Mesopotâmia, Assíria e até o Egito. A capacidade de criar um suprimento de alimentos estável a partir de animais permitiu que a população mundial crescesse, centros residenciais se desenvolvessem e cidades emergissem. A domesticação de plantas e animais selvagens, e a introdução da irrigação e do arado significaram que havia o suficiente para alimentar uma população mundial de mais de 200 milhões de pessoas na época do nascimento de Cristo. À medida que a população humana crescia e as sociedades se tornavam cada vez mais urbanizadas, a agricultura de plantas e animais tornou-se mais organizada, eficiente e produtiva, com avanços periódicos e transformadores na tecnologia e inovação (COFFEY et al, 2015, p.1).

Todo o desenvolvimento e evolução destes sistemas se deu por diversos fatores, desde a compreensão científica que se especializou, o entendimento mais aprofundado da nutrição animal, avanços tecnológicos, demandas de mercado espontâneas e a sociedade por nós formada. No começo a alimentação dos animais se dava de maneira natural e os nutrientes eram provenientes de fontes que podiam ser encontradas aleatoriamente na natureza. Neste ponto a variabilidade e a disponibilidade apresentavam-se como os principais problemas a serem enfrentados e solucionados, a alta probabilidade de contaminação e disseminação de doenças eram os outros gargalos que se apresentavam. Entre os séculos 19 e 20 esta ciência de alimentação animal começou a ser desenvolvida, de modo que os desafios passaram a ser outros, como compreender as diferentes raças e espécies de animais bem como suas necessidades de nutrientes em diferentes fases da vida. Neste momento, outros pontos foram colocados a prova, e tiveram por consequência ter de ser desenvolvidos de modo abrangente, entre eles o fato de a produção de

alimentos tomar o efeito de 'formulada' propriamente dita, produção em larga escala e distribuição de forma efetiva. Esses sistemas de alimentação animal deliberadamente construídos por nós se faz presente em nossa existência à cerca de 200 anos, como afirmado por Coffey et al. (2016), a nutrição se tornou uma disciplina científica nos últimos 200 anos.

Em 1810 um cientista alemão chamado Albrecht Daniel Thaer, desenvolveu os primeiros padrões de alimentação ao comparar possíveis alimentos com o feno do prado, e atribuindo um 'valor de feno' como medida comparativa. Cerca de 50 anos depois, a Estação Experimental de Weende na Alemanha desenvolveu o 'sistema de análise proximal', que permitiu que a alimentação fosse analisada por certas características definidoras que eram usadas para determinar fibra bruta, nitrogênio (e, portanto, proteína bruta por cálculo), cinza e umidade - que, embora bastante limitado em utilidade, permanece em vigor como um sistema para comparações básicas do valor nutricional dos alimentos hoje ('análise proximal') (COFFEY et al., 2015, p.1).

Desde sempre a humanidade luta com os princípios básicos de sobrevivência, a alimentação é um deles, e um pilar necessário e fundamental para a qualidade de vida, infelizmente a indústria de alimentação animal sofre não somente com o aumento da população e por consequência o aumento de necessidade de produção e reprodução de espécies que nos servem de alimento. Nesse sentido existem muitos pontos a serem identificados na indústria. O cenário no Brasil que é o terceiro maior produtor de alimentação feed no mundo é comum ao ano de 1960, e remontam as primeiras empresas e companhias que derivaram de produtores de trigo, milho e outros.

Os primeiros moinhos de ração produziram ração animal a partir de farelo de trigo na década de 1940, e essas rações iniciais foram vendidas como subprodutos de processamento, que eram misturados em rações completas (COFFEY et al., 2015, p.2).

O setor de alimentação animal no Brasil é ligada ao desenvolvimento agrícola do país, na criação de suínos, gado de corte e frango, sendo um país com muitos recursos naturais, terra arável e clima favorável, foi naturalmente alinhado ao desenvolvimento da indústria. Alguns pontos cabem ser ressaltados como importantes no começo do desenvolvimento do cenário Brasileiro neste contexto, como a parte de infraestrutura e logística, por ter seu território vasto e com muitas serras, a qualidade inicial dos animais, assim como regulações e políticas também são determinantes. O acesso a tecnologia de ponta assim como estabilidade econômica do país também foram pontos de gargalo.

O primeiro verdadeiro exemplo de um alimento comercial veio da Cooperativa Agrícola de Cotia, que, em 1941, construiu uma fábrica de ração em São Paulo para atender as demandas do negócio de galinhas poedeiras em desenvolvimento. Com o tempo, à medida que o negócio crescia, também crescia a demanda por ração e isso foi atendido pelo moinho de ração da cooperativa. Outros produtores de carne integrados de grande sucesso no Brasil, principalmente frangos e porcos, também exigiram altos níveis de produção de ração. Hoje, 99% da ração para frangos é integrada com as empresas produtoras, assim como a maior parte da ração para suínos do Brasil, embora não no mesmo grau. Esse nível de produção integrada significa que 80% da produção de ração do Brasil é fabricada pela mesma empresa que alimentará seus animais.(COFFEY et al., 2016,p.4).

2.2 – SETOR ECONÔMICO E SOCIAL NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.

A influência e significância deste setor da indústria estão se tornando partes fundamentais de nossa existência como sociedade consciente nas questões que cercam saúde, meio ambiente, implicações éticas e escolhas na alimentação. O consumo de carne ao redor do planeta é influenciado por diversos fatores, como poder econômico, preferências culturais e disponibilidade da matéria em si. Países ricos apresentam uma tendência maior no consumo de carne como iremos demonstrar, e devido naturalmente ao seu alto valor, proteína de origem animal apresenta um baixo consumo em países com menor poder de compra. O consumo de carne animal nas dietas humanas tem ligação e influencia direta na indústria de ração e alimentação animal, podemos notar crescimento ou encolhimento diretamente proporcionais.

Embora os seres humanos tenham evoluído como onívoros, a quantidade de alimentos de origem animal na dieta humana mudou ao longo dos milênios. A disponibilidade era um fator determinante do consumo há milhares de anos; no entanto, à medida que as economias e os mercados se desenvolviam, a demanda do consumidor passou a ser influenciada pela renda e pelo preço. Nos últimos anos, as preocupações dos cidadãos têm tido uma influência crescente na demanda e na oferta de alimentos. Esta tendência mais recente está associada a um maior conhecimento e conscientização sobre o impacto da produção e do consumo de diferentes alimentos na nutrição, saúde e meio ambiente, e em relação aos alimentos de origem animal, do reconhecimento dos animais como seres sencientes. A influência do cidadão se manifesta através do crescente impacto das organizações da sociedade civil no domínio dos alimentos, com sua contribuição refletida na mídia, e através das políticas governamentais. Isso não apenas influencia a quantidade de alimentos demandada, mas também a qualidade do produto produzido e consumido, com uma demanda crescente por produtos percebidos como tendo menores impactos ambientais, padrões mais elevados de bem-estar animal e melhores resultados de nutrição e saúde (HENCHION & ZIMMERMANN, 2021, p.252).

A demanda por carne animal ao redor do planeta molda não somente a indústria de agricultura em si, mas diretamente a indústria de alimentação animal de forma natural. E esta demanda global nos últimos anos determinou mudanças na indústria e nas formas de tecnologias empregadas nela.

Não obstante a natureza onívora da maioria dos seres humanos e a significativa demanda por carne discutida anteriormente, as preocupações dos consumidores em relação à carne, incluindo preocupações com seu impacto na nutrição e saúde humana, no meio ambiente e no bem-estar animal, se traduzem em motivações para evitar a carne. Isso se manifesta no mercado com o crescimento no número de flexitarianos, pescetarianos, vegetarianos e veganos, com uma redução no consumo de carne vermelha e um aumento no consumo de alimentos à base de plantas. Além disso, à medida que a consciência social e o ativismo continuam a se acelerar, vemos uma motivação para ação por parte da indústria de alimentos (e de outras organizações e entidades que são entrantes relativamente novos no sistema alimentar; ver influências sociais posteriormente). Muitas empresas de carne estão desenvolvendo produtos híbridos, pois acreditam que tais produtos permitem aos consumidores reduzir o consumo de carne sem comprometer o sabor. A Danish Crown, na Dinamarca, por exemplo, lançou uma linha de produtos que consistia em 50% de carne suína ou bovina e 50% de ingredientes à base de plantas no verão de 2019.(HENCHION & ZIMMERMANN, 2021, p.256).

Estas demandas e parâmetros de consumos nos levam a entender outros aspectos desse cenário, como questões de cunho moral e ético, pois naturalmente com o aumento da população, aumento do consumo de carne animal e aumento da indústria de alimentação animal, temos quase que imediatamente uma diminuição nos níveis de tratamento e cuidado para com os animais, principalmente nos tipos de criação intensivos, onde os animais são confinados e alimentados com dietas específicas que maximizam seu crescimento, as implicações éticas e morais são óbvias nesses casos e dispensam maiores discursos.

Ao aumentarmos o consumos de carne e produtos de origem animal, temos por consequência o aumento da área necessária para criar tais animais e produtos, além de água e energia. O aumento dos plantios e monoculturas como as de soja e milho, podem acarretar maior deflorestamento das regiões, destruição de habitat e perda de biodiversidade. Temos também de nos atentar ao uso contínuo de fertilizantes e pesticidas que também, em excesso levam a degradação do solo e contaminação da água. Todo esse efeito cascata no simples consumo de carne e no aumento dos meios necessários para alimentar estes animais nos leva a questionar os impactos no eco sistema, e nas futuras gerações.

2.3 – INOVAÇÕES NAS FORMULAÇÕES E GESTÃO DE RESÍDUOS.

Com o crescimento populacional esperado futuramente fica evidente que novas medidas de alimentação tanto humana quanto animal se fazem necessárias para que seja mantido o balanço existencial e estabilidade das espécies, portanto, nota-se o caminho de inovação na nutrição básica dos animais, para que estes mantenham-se saudáveis. Uma destas alternativas inovadoras de cunho alimentar para suprir as demandas crescentes de alimentação animal é a criação e incorporação de insetos e suas proteínas isoladas em biomassas de resíduos alimentares para que estas possam aumentar o volume e otimizar as rações fornecidas ao animais.

A demanda global por alimentos e recursos está prevista para dobrar nas próximas décadas, devido ao crescimento populacional e à pressão sobre os recursos naturais. Isso resultará em um aumento na produção de alimentos e, conseqüentemente, de ração. Prevê-se que a demanda por cereais, tanto para alimentos como para ração, aumente em cerca de 50% até 2050. A demanda por outros produtos alimentares, como carne, laticínios, peixe, produtos aquícolas e óleos vegetais, que são mais sensíveis ao aumento da renda em países em desenvolvimento, deverá crescer ainda mais rápido do que a demanda por cereais para uso alimentar (Pinotti et al., 2019, p.1365).

Além disso, a Comissão Europeia recentemente publicou suas diretrizes sobre o uso de alimentos não mais destinados ao consumo humano na alimentação animal (Comissão Europeia, 2018), como o próximo resultado-chave do Plano de Ação da União Europeia para a Economia Circular em relação ao desperdício de alimentos. De fato, a Comissão Europeia trabalhou em cooperação com as autoridades relevantes dos estados membros da UE, e seu documento fornece orientações práticas que aumentam a segurança jurídica para o setor de processamento de excedentes alimentares, preservando a integridade e a segurança da cadeia alimentar e de alimentação da UE.

Medidas como esta em específico tomada pela Comissão da União Europeia, promovem ações diretas no sentido de combater o mau uso dos alimentos que não nos servem mais para consumo, assim aproveitando-os na alimentação animal, isso aumenta a economia circular, reduz o desperdício alimentar, e ainda provê pelo benefício da cadeia alimentar como um todo. Insetos, microalgas, resíduos alimentares e a lentilha-d'água são considerados interessantes fontes alternativas de proteína e energia para alimentação animal, e espera-se que sejam cada vez mais utilizados em todo o mundo como substitutos de fontes convencionais de nutrientes (Pinotti et al., 2019, p.1365).

Atualmente, a agricultura enfrenta uma ampla gama de desafios complexos. Com a diminuição da disponibilidade de terras agrícolas, as mudanças climáticas e a ameaça de escassez de recursos hídricos, a tarefa é atender à crescente demanda por alimentos, ração, fibras, combustíveis e produtos industriais utilizando menos recursos. A ideia subjacente é reduzir o uso e a redistribuição de recursos; em outras palavras, "Fazer mais com menos" (Pinotti et al., 2019, p.1365).

Um das maneiras de efetivamente fazer mais com menos seria a utilização de fontes alternativas de proteínas, como os insetos em sua totalidade e ou suas proteínas de forma isolada, muito embora esta segunda hipótese apresente um desafio técnico maior devido a escala diminuta de trabalho. Outras possíveis fontes seriam resíduos de produtos alimentares e ainda lentilha-d'água.

As larvas da mosca soldado negra (BSF) já foram formuladas como um componente de dietas completas para aves, suínos e para várias espécies de peixes comerciais. Estudos indicaram que elas promovem um bom crescimento e, portanto, foi geralmente concluído que as larvas da BSF podem ser uma fonte adequada de proteína para a alimentação animal (Spranghers et al., 2016, p.2).

Nesse sentido, os insetos podem ser usados potencialmente para valorizar materiais orgânicos de baixo valor (Boccazzi et al., 2017; Spranghers et al., 2017) que podem ser aproveitados na cadeia alimentar e de ração. No entanto, de acordo com a legislação europeia (Comissão Europeia, 2009b), insetos criados para a produção de proteína animal processada (PAP) devem ser considerados animais de criação e, portanto, estão sujeitos às regras de proibição de ração (Comissão Europeia, 2001) e às regras de alimentação animal (Comissão Europeia, 2009b). Assim, o uso de proteínas de ruminantes, resíduos de catering, farinha de carne e ossos e esterco como ração para insetos é proibido (Pinotti et al., 2019, p.1366).

A alternativa apontada e defendida é objetiva, por diversos fatores, primeiramente pelo fato de que os insetos são ricos em nutrientes como proteínas, vitaminas, gorduras e minerais, tornando-se assim uma fonte nutricional rica. Outro ponto importante é o fato de insetos possuírem taxas de conversão alimentar eficientes se comparados com gado comum, são inclusive naturalmente consumidos por suínos e peixes, crescem também em uma variedade grande de substratos, o que os torna bastante versáteis. Vale ressaltar que apesar dos estudos e apontamentos, juntamente com pareceres técnicos de governos de países desenvolvidos, temos de nos atentar para as regulamentações e exigências dos órgãos de saúde e controle do bem estar animal, se os considerarmos esta uma alternativa realmente factível.

O desperdício de alimentos é um problema mundial com ramificações no meio ambiente, ambientes sociais e impactos econômicos. Faz referência as partes que ainda podem ser consumidas dos alimentos e mesmo assim são descartadas,

gerando desperdício, no entanto podemos considerar uma solução de direcionar esses alimentos mal aproveitados a alimentação animal, dessa maneira diminuindo o desperdício e aumentando a nutrição dos animais. Primeiramente essa reutilização de alimentos diminui o impacto nos aterros e com isso diminui consigo os impactos ambientais, em segundo plano impacta o problema de escassez alimentar, pois reutiliza o que seria descarte como alimento para animais que nos servirão de nutrição, outro ponto importantíssimo é o fato de que isso pode afetar de maneira positiva a emissão de gás metano por diminuir a decomposição destes alimentos ao ar livre. Adicionalmente utilizando descartes alimentares dessa maneira em formulações e rações animais pode contribuir para uma economia circular, onde o desperdício é minimizado e os recursos reciclados e reutilizados.

Ao afirmarmos que o desperdício de alimentos pode ser utilizado como um fim para alimentar essa outra parte da indústria de alimentos, a alimentação animal, temos de nos basear em fatos concretos de instituições que nos proporcionem visões completas do cenário, afim de que nossa visão corresponda com a realidade. Sendo assim temos o estudo promovido pelo governo federal no ano de 2018, uma parceria entre Embrapa, WWF Brasil e a FAO com o apoio do Instituto FGV, intitulado: “Intercâmbio Brasil-União Europeia Sobre o Desperdício De Alimentos”.

As famílias brasileiras desperdiçam em média 353 gramas de alimentos por dia ou 128,8 kg por ano. Em uma análise per capita, o desperdício é de 114 gramas por dia, representando um desperdício anual de 41,6 kg por pessoa. A classificação dos alimentos mais desperdiçados mostra que o arroz (22%), a carne bovina (20%), o feijão (16%) e o frango (15%) têm a maior porcentagem do total desperdiçado pela amostra pesquisada. Legumes (4%) e frutas (4%) são desperdiçados em menor quantidade em relação ao volume total. (Porpino, Lourenço, Araújo, & Bastos, 2018, p.49)

Além de estabelecer uma métrica inicial dos valores absolutos do desperdício de alimentos nas residências no Brasil, a pesquisa também mostrou uma correlação negativa do desperdício com duas variáveis atitudinais da população: consciência socioambiental e percepção do impacto no orçamento familiar. Os entrevistados com maior consciência ambiental e maior percepção do impacto do desperdício de alimentos no orçamento familiar tinham menos probabilidade de desperdiçar alimentos. (Porpino, Lourenço, Araújo, & Bastos, 2018, p.55)

É importante ressaltar que existe uma ligação direta entre o setor de agricultura e o desperdício doméstico de alimentos, pois o desperdício e o mal uso dos alimentos não se encontra somente na ‘ponta’ do consumidor final, técnicas adequadas de produção, colheita, pré-tratamento, estocagem e distribuição também constituem fatores de suma importância quando estamos tratando de dados que

apontam valores de desperdício de alimentos. Transporte e embalagens também fazem parte de um cenário final onde são contabilizados como fatores importantes no desperdício ou aproveitamento de alimentos. O setor de agricultura também pode contribuir com questões como a educação dos agricultores em si e trabalhadores do setor, bem como os consumidores finais afim de que estes saibam como tratar as matrizes alimentares. A colaboração com instituições e órgãos que tem por objetivo recuperar alimentos mal utilizados é outra ponte de colaboração que o setor da agricultura pode agregar para diminuir o desperdício pelo consumidor final. O setor de tecnologia e automação, em destaque no momento de produção deste trabalho científico, pode contribuir com tecnologias que melhorem a embalagem, sistemas de monitoração e análise de dados, que podem sem dúvidas diminuir o desperdício pelo consumidor final. Implementando essas ações e trabalhando em torno de uma cultura sustentável, o setor de agricultura pode contribuir no sentido de reduzir o desperdício de alimentos gerado por indivíduos.

O Brasil tornou-se um dos produtores de alimentos mais importantes do mundo. Em 2017, as exportações do agronegócio somaram US\$ 96 bilhões, com aumento de 13% em relação a 2016. De janeiro a outubro de 2018 já alcançavam US\$ 85 bilhões com perspectiva de superar US\$ 100 bilhões no ano (AGROSTAT, 2018).

Sem a exportação do agrobusiness brasileiro, a balança comercial seria deficitária em aproximadamente 15 bilhões de dólares. Embora tenha superado o desafio de produzir alimentos em abundância na faixa tropical do globo, permanecem os desafios de incrementar a segurança alimentar e reduzir as perdas e o desperdício de alimentos em diferentes etapas da cadeia agroalimentar (Porpino, Lourenço, Araújo, & Bastos, 2018,p.31).

2.4 – SOLUÇÃO TÉCNICA PARA OTIMIZAR A FORMULAÇÃO DE RAÇÕES E MELHORAR A GESTÃO DE RESÍDUOS

Diminuir o desperdício de alimentos ao direcionar excessos e alimentos mal utilizados para a alimentação animal apresenta uma saída que além de lucrativa pode ser prática. Ao invés do tradicional descarte, podemos utilizar partes comestíveis de plantas e produtos alimentícios como ingredientes ou matéria para processamento e produção de novas rações ou produtos para alimentação animal. Muitos destes produtos apresentam ainda, apesar de sua condição, valores nutricionais aceitáveis na questão prática de saudabilidade dos animais e segurança de consumo. Não obstante, devemos atentar que estes produtos e insumos devem passar avaliações de segurança que garantam seus níveis de qualidade e regulamentações necessárias para que possam ser utilizados em formulações de ração e outros tipos de produtos para a alimentação animal.

Ao longo das cadeias de abastecimento de alimentos, os alimentos se movem do produtor primário até o consumidor final, passando pela colheita, produção, manuseio, processamento, distribuição e varejo até chegar ao prato. Durante essa progressão, os alimentos são perdidos ou desperdiçados como resultado de várias razões técnicas, econômicas e/ou sociais específicas de cada estágio da cadeia de abastecimento. Definir "perda de alimentos" e "desperdício de alimentos" tem sido objeto de debate entre especialistas na área. Com base nas definições fornecidas pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), tanto a perda de alimentos quanto o desperdício de alimentos, juntos chamados de desperdício de alimentos, referem-se às partes comestíveis de uma planta e/ou produtos animais que não são consumidos pelas pessoas. A perda de alimentos é frequentemente o resultado não intencional de limitações gerenciais e técnicas, como manuseio inadequado, armazenamento, transporte, infraestrutura e/ou embalagem, além de sistemas de marketing ineficientes, e ocorre geralmente nas etapas iniciais da cadeia de abastecimento de alimentos. Exemplos incluem frutas machucadas durante a colheita, alimentos danificados por pragas durante o armazenamento, derramamentos de alimentos durante o processamento e/ou embalagem, etc. O desperdício de alimentos, por outro lado, representa uma decisão deliberada de jogar alimentos fora (Rajeh et al., 2020,p.2).

Alguns itens de desperdício ou excesso de produção alimentar precisam passar por pré processo antes de serem utilizados em formulações feed, para garantir qualidade, segurança, digestibilidade, requisitos fisiológicos e preferências dietéticas de cada espécie. Naturalmente a avaliação econômica destas medidas é necessária.

Como ressaltado, para que esses alimentos e subprodutos sejam utilizados como aditivos ou substitutos completos em formulações feed é necessário seguir os procedimentos e diretrizes que atendam as questões citadas acima e também legislativas. A tecnologia de aprendizado em máquina e análise quantitativa podem ajudar a identificar e direcionar melhor os resíduos para redes de aproveitamento.

CAPÍTULO 3 – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.

3.1 – DEFINIÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial, campo em descoberta e abrangente de todos os modos é ponto científico comum na academia, nos dias atuais é inclusive uma ferramenta impossível de ser ignorada e não utilizada, pois está e estará para sempre disruptando a forma como nos, seres humanos, trabalhamos e entendemos o ensino. Sendo assim, temos, ainda que suscintamente compreender que a Inteligência Artificial trata e toca no conceito de processos simulados dentro de um determinado ambiente virtual com o intuito de aprendizado, compreensão, resolução de problemas, coleta de dados, ou compreensão profunda de conceitos não elementares ou rasos que simulam as capacidades cognitivas de um cérebro humano.

Merriam-Webster define inteligência artificial (IA) como (1) um ramo da ciência da computação que lida com a simulação de comportamento inteligente em computadores ou (2) a capacidade de uma máquina imitar o comportamento humano inteligente. Definimos IA de forma ampla como a disciplina que cria sistemas de computador capazes de atividades normalmente associadas ao esforço cognitivo. O aprendizado de máquina (ML) é um componente crítico de muitos sistemas de IA e refere-se à capacidade de um sistema de "aprender" e se adaptar ao longo do tempo com base na exposição a dados que refletem mudanças nas condições subjacentes, populações ou eventos, como mudanças no comportamento do consumidor ou profissional ou um número crescente de pacientes com um diagnóstico ou complicação específicos. O aprendizado de máquina geralmente é um componente integral da IA, e a combinação às vezes é referida como IA/ML. No entanto, a IA abrange não apenas a capacidade de aprender, mas também de agir com base no que aprendeu e mudar seu comportamento, como revisar uma recomendação com base em novos padrões de dados em evolução (Solomonides et al., 2022, p.585).

3.2 - MODELOS GPT, LLM E DEFINIÇÕES - (OPENAI)

Gpt é um acrônimo para *Generative pre-trained transformer* (Transformador pré-treinado Generativo). Em termos mais simplórios podemos interpretá-lo como um modelo que prevê expressões e palavras baseado em amplo escopo do banco de dados em que foi treinado. A API da OpenAI oferece a capacidade de interagir com os modelos LLM que são modelos de linguagem com um número grande de parâmetros, permitindo que suas capacidades sejam aproveitadas de maneiras novas. Além de técnicas de aprendizado em máquina, nossa ferramenta conta com contextualizações sobre as situações complexas fazendo utilização deste mesmo modelo.

Modelos de linguagem de grande porte, também conhecidos como LLMs, tornaram-se uma parte cada vez mais presente em nosso dia a dia, com seu uso se estendendo a uma ampla gama de domínios, incluindo navegação na web, assistentes de voz e ferramentas de assistência em programação. Esses modelos têm o potencial de impactar significativamente a sociedade de diversas maneiras. Este cartão do sistema analisa o GPT-4, o mais recente modelo de linguagem de grande porte da família de modelos GPT. Desde que terminou seu treinamento em agosto de 2022, temos avaliado, testado adversarialmente e melhorado iterativamente o modelo e as mitigações em nível de sistema ao seu redor. Nossas mitigações e processos alteram o comportamento do GPT-4 e previnem certos tipos de usos indevidos, embora tenham limitações, apontando para a necessidade de planejamento antecipado e governança e mais pesquisas sobre segurança. Nossa abordagem de implantação equilibra a minimização de riscos da implantação, possibilitando casos de uso positivos e aprendendo com a implantação. (OpenAI, 2023).

Um dos principais objetivos do desenvolvimento desses modelos é aprimorar sua capacidade de compreender e gerar texto em linguagem natural, especialmente em cenários mais complexos e detalhados. Para testar suas capacidades nesses cenários, o GPT-4 foi avaliado em uma variedade de exames originalmente projetados para seres humanos. Nessas avaliações, ele apresenta um desempenho bastante satisfatório e muitas vezes supera a grande maioria dos participantes humanos. Por exemplo, em um exame simulado da ordem, o GPT-4 alcança uma pontuação que fica entre os 10% melhores participantes. Isso contrasta com o GPT-3.5, que obtém uma pontuação entre os 10% inferiores (OpenAI, 2023).

Em uma série de testes tradicionais de Processamento de Linguagem Natural (PLN), o GPT-4 supera os modelos de linguagem de grande porte anteriores e a maioria dos sistemas de ponta (que frequentemente possuem treinamento ou engenharia específica para cada teste). No teste MMLU, uma suíte de perguntas de múltipla escolha em inglês que abrange 57 disciplinas, o GPT-4 não apenas supera os modelos existentes com uma margem considerável em inglês, mas também demonstra um desempenho sólido em outros idiomas. Em variantes traduzidas do MMLU, o GPT-4 supera o estado da arte em inglês em 24 dos 26 idiomas considerados (OpenAI, 2023).

3.3 – F₂HT

Pensando neste cenário, direcionamos o trabalho para propor uma ferramenta técnica e científica com o intuito de melhorar tanto a eficiência da produção quanto o tempo desenvolvido em cada atividade. Uma ferramenta que pode dar acesso a dados relevantes e análise do cenário corrente, desta forma os produtores podem tomar decisões da melhor maneira, com informação sobre a produção, mercado e estratégia, e inclusive características geográficas da região

A aplicação conta ainda com perspectivas de mercado ao analisar os dados de produção, comparando-a com produtores locais e de outras regiões e tendências do mesmo. Nota-se ainda que tal aplicação contará com o auxílio de uma ferramenta de inteligência artificial (LLM) pré treinada, com interação via API. Assim sendo, facilitando tanto a interação de especialistas e não iniciados no assunto. Desta forma tratando-se de uma ferramenta que não somente auxilia nas tomadas de decisão como facilita a criação e interação com produtos e excessos de uma pequena ou grande produção agrícola assim como o excesso ou produção doméstica.

Faz-se necessário ressaltar que tal aplicação tem uma capacidade para escalabilidade virtualmente infinita, dado a característica técnica de tal ferramenta funcionar em seu âmago por comunicações API e parcerias com plataformas já estabelecidas. Por se tratar de uma ferramenta que conta com a utilização de um modelo de inteligência artificial pré treinado, e com banco de dados que podem ser alimentados e crescer, mais uma vez de forma virtualmente infinita, o crescimento, capacitação e melhoramento acontecem da mesma forma.

No cenário de crescimento acelerado da agricultura, existem alguns pontos críticos, um deles e que grandemente afeta a produção e sustentabilidade da nutrição animal é a formulação de rações. Sendo esta uma tarefa complexa e de alto desgaste intelectual. Esta é uma tarefa que necessita de um delicado balanço nutricional, noções de custo efetivo e conhecimento técnico aprimorado e aprofundado. Envolve não somente compreender a necessidade nutricional de cada animal, mas também esta dinâmica das fontes de alimentos quando em conjunto em determinada formulação, dito isso, métodos tradicionais de formulação não perdem sua valia, porém são tempo consumidores e podem ser desafiadores pelo número elevado de variáveis envolvidas. Em tempos atuais, avanços tecnológicos atingiram patamares que são difíceis de mensurar, isso tem relação direta em como nós

podemos nos relacionar e abordar problemas de alta complexidade como este. Notavelmente a Inteligência Artificial (IA) e o Machine Learning (ML) emergem como ferramentas capazes de analisar vastos bancos de dados identificando padrões, fazendo previsões e consultando informações com capacidade virtualmente infinita.

Utilizando Machine Learning e Inteligência Artificial em conjunto de especialistas de suas respectivas áreas podem ser práticas altamente eficientes no sentido de melhorar performance e capacidade técnica para resolver problemas como este de formulação de rações. Através de algoritmos inteligentes podemos melhorar as combinações de nutrientes afim de capacitar o profissional da área da agricultura, bem como informar e democratizar o conhecimento técnico para que mais pessoas possam explorar e desenvolver novas fronteiras do conhecimento e dessa nova forma de enfrentar a realidade que melhora as capacidades dos seres humanos através do trabalho em conjunto com máquinas.

No próximo capítulo entraremos de maneira aprofundada no modelo proposto que combina estas duas ferramentas e as emprega a cargo da Agricultura e Agropecuária, dessa forma com o intuito de facilitar e otimizar algumas tarefas. Exploraremos ainda futuros impactos que tais combinações e metodologias de trabalho podem inserir em um cenário de escala global na nutrição animal e nas práticas agrícolas como um todo, esta ferramenta está batizada de F₂HT, que é o acrônimo de “Feed Formulation Helping Tool”.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA APLICAÇÃO E A FERRAMENTA F₂HT

De um ponto de vista da metodologia este trabalho se trata de uma revisão bibliográfica, já que buscamos na literatura nosso embasamento científico para posteriormente abordarmos os problemas técnicos. A abordagem da pesquisa tem caráter quantitativo pois visa mostrar a funcionalidade das ferramentas quando a sua características técnica e de acordo com sua natureza de objetivos, pode ser considerado um trabalho de pesquisa exploratória, pois mais uma vez, busca embasamento científico e aplicação de conceitos matemáticos e de ciência de dados para resolução de um problema, em partes objetivo e em partes subjetivo.

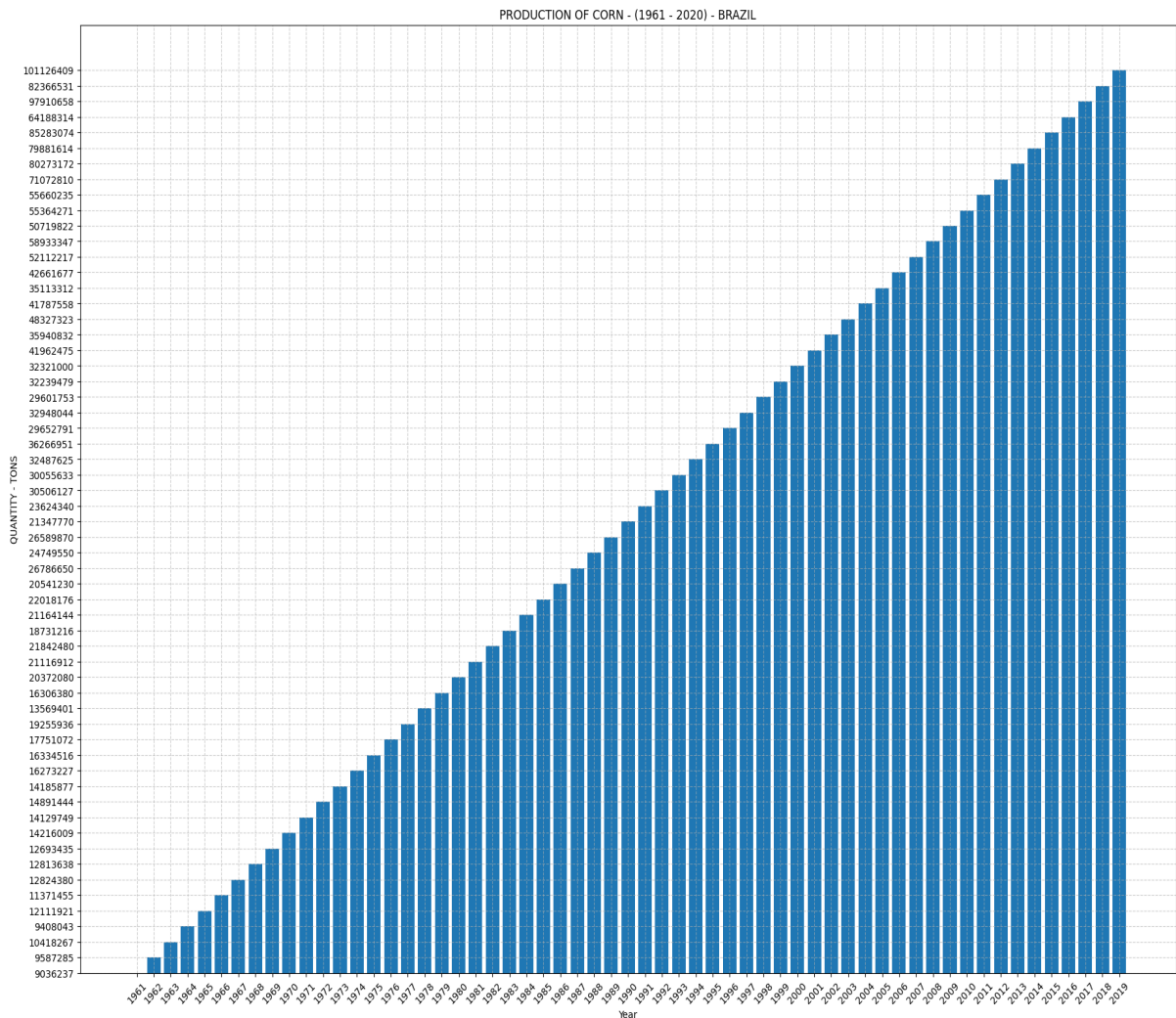
A ferramenta proposta que auxilia tanto o pequeno produtor como o grande, é composta por uma série de algoritmos e projeções que utilizam de tecnologias e conceitos matemáticos aplicados ao aprendizado em máquina e a inteligência artificial. Python foi a linguagem escolhida para a construção de tal ferramenta, por se tratar essa de uma linguagem dominada pelo proponente e ser também de fácil implementação, no sentido de que esta é também uma escolha comum na área de aprendizado em máquina e inteligência artificial.

Quanto aos bancos de dados, estes foram escolhidos por sua característica de disponibilidade e gratuidade, não sendo determinantes na avaliação dos resultados, no sentido qualitativo, mas sim quantitativo uma vez que o intuito do estudo e da aplicação é demonstrar a capacidade da ferramenta em si de entregar os parâmetros matemáticos propostos.

4.1 DADOS AMBIENTAIS E DE PRODUÇÃO

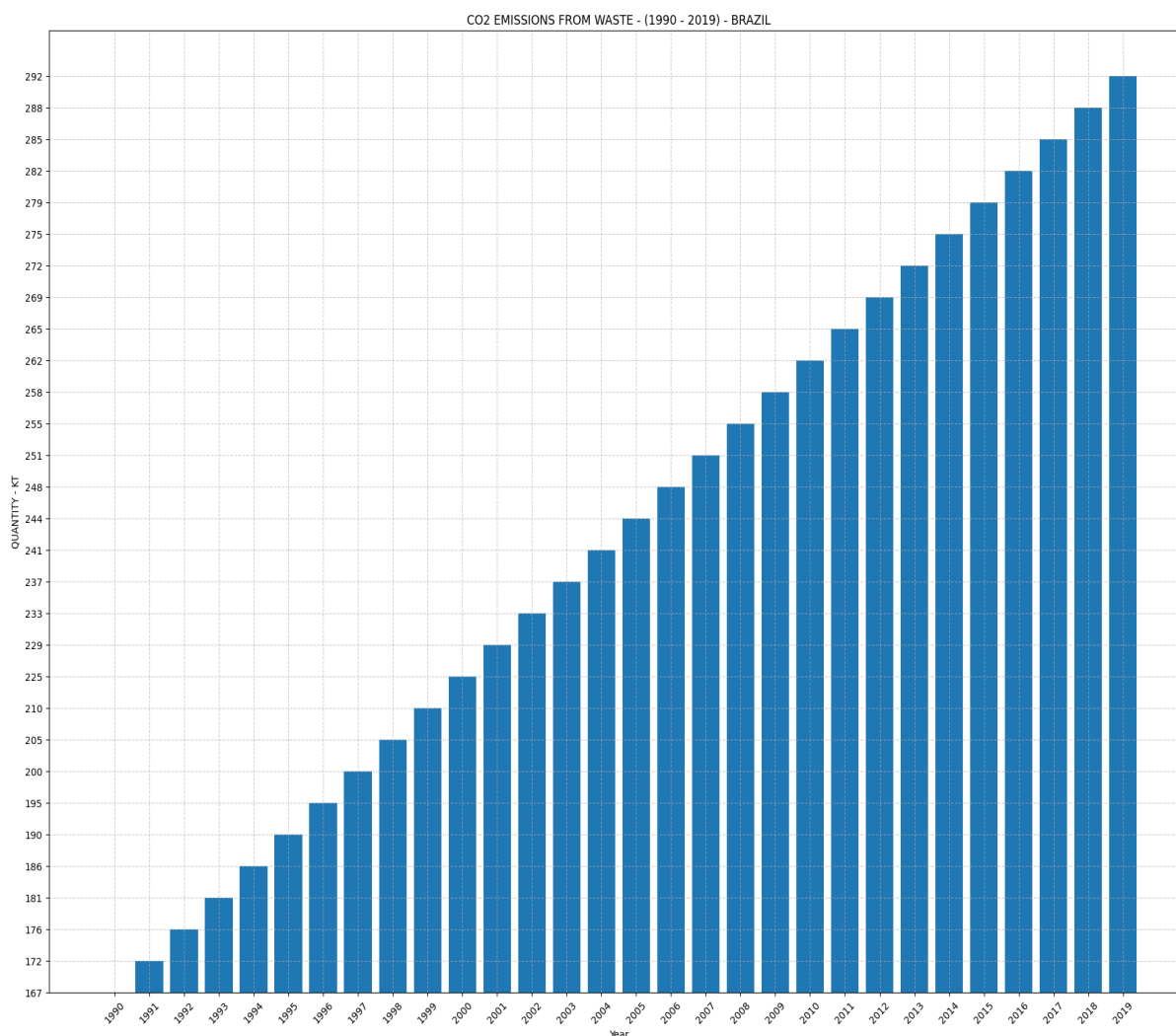
Um dos métodos selecionados para conduzir o estudo e desenvolver a ferramenta foi o aprendizado em máquina (Machine Learning – ML em inglês). Pensando em um cenário onde o produtor precisa compreender, absorver muitos dados e navegar um sistema complexo como o da agricultura, se fazem presente um número grande de variáveis. Para resolver este problema, e proporcionar maior compreensão do cenário que este se encontra, a primeira ramificação da ferramenta proposta é um algoritmo que busca em um banco de dados público, desenvolvido pelo MIT em conjunto com a FAO, e que se tornou uma biblioteca da linguagem de programação Python, contém dados e informações sobre níveis de produção de determinada fonte de alimentação, essa biblioteca tem denominação '*faostat*'. Nos exemplos propostos buscamos dados de produção de produtos da agricultura no Brasil, em diferentes intervalos de tempo para identificarmos o tamanho do cenário de que faz parte a fonte de alimentação, em conjunto podemos contar com níveis de emissão de gases e outros poluentes e resíduos.

Figura 1 – Produção de milho no Brasil – 1961 à 2020



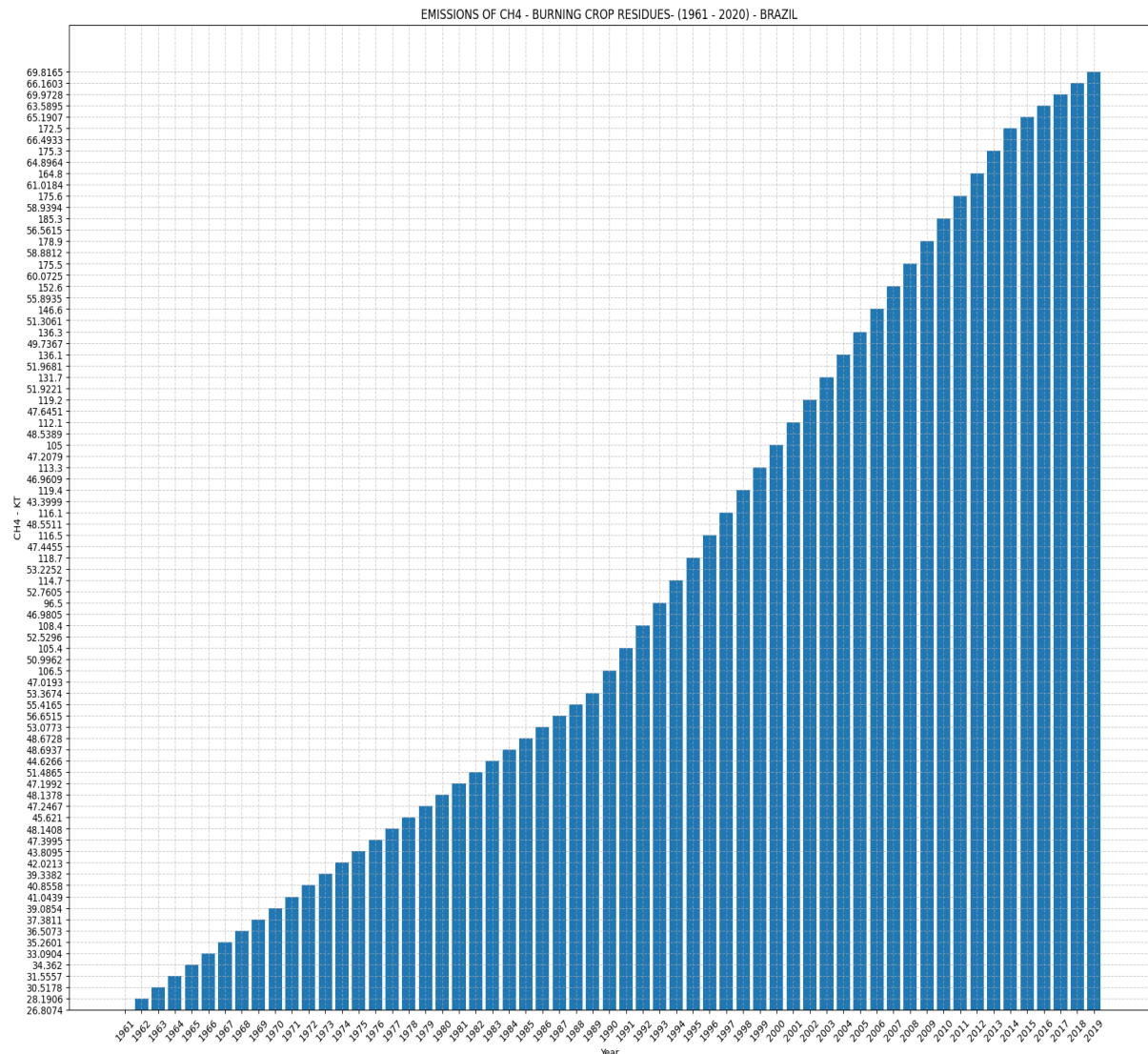
Fonte: Autor.

Ao analisarmos os dados, notamos que o crescimento no período é contínuo e constante. Observamos ainda que a produção era de aproximadamente 9,2 milhões de toneladas em 1961 e passou a ser de aproximadamente 101,1 milhões de toneladas em 2020, um aumento de cerca de 10 vezes o valor inicial. Podemos atribuir esse aumento significativo à adoção de novas técnicas agrícolas, melhoramento genético das sementes, uso de fertilizantes e defensivos agrícolas e melhorias nos equipamentos mecanizados. Políticas públicas governamentais voltadas para o setor agrícola como subsídios, créditos e investimentos em infraestrutura também podem ter um papel importante neste desenvolvimento. O milho no Brasil é um produto de grande importância para a economia, sendo utilizado tanto no consumo interno quanto nas exportações.

Figura 2 – Emissão de CO₂ por desperdício no Brasil – 1990 à 2019

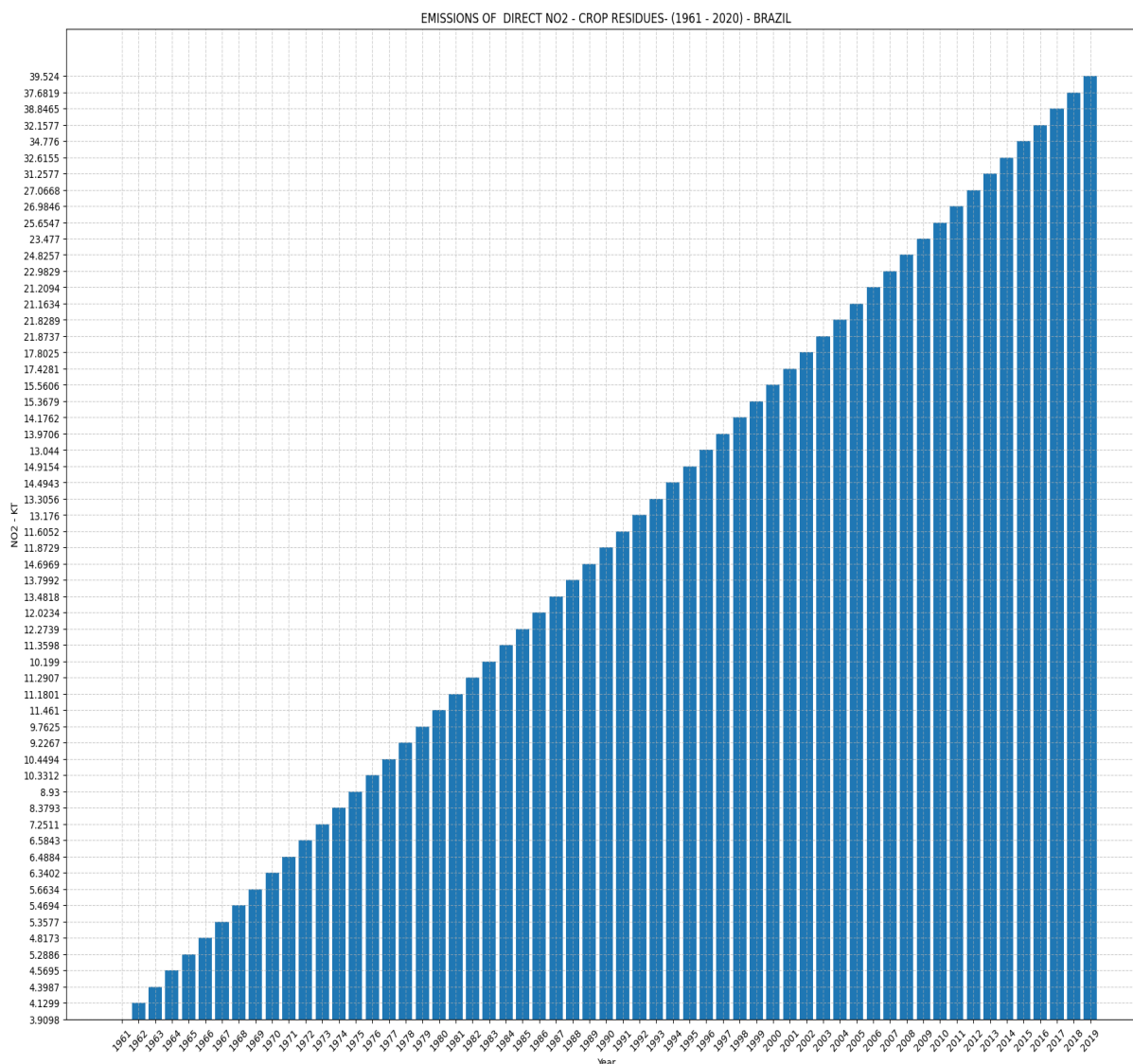
Fonte: Autor.

Ao analisarmos a sequência de dados mais uma vez observamos que o crescimento é contínuo e quase linear no período, com o crescimento aparentemente uniforme. Em 1990 tínhamos uma emissão de CO₂ de aproximadamente 167 milhões de toneladas, em 2019 as emissões alcançaram cerca de 291 milhões de toneladas, representando um aumento de 1,74 vezes aproximadamente ao longo do período. Podemos atribuir o crescimento urbano no Brasil para o aumento de emissões de CO₂, devido ao maior volume de resíduos gerados, o desenvolvimento urbano e o consumo de bens e serviços podem estar diretamente ligados a esse aumento. Temos ainda a falta de gestão de resíduos e implementação de tecnologias de reciclagem e redução de desperdício.

Figura 3 – Emissão de CH₄ por queima de resíduos da agricultura no Brasil – 1961 à 2019

Fonte: Autor.

Os dados de emissões de CH₄ por queima de resíduos agrícolas no Brasil apresentaram um crescimento contínuo ao longo do período analisado, de 1961 a 2019. Temos um crescimento mais acelerado à partir da década de 1970, com um aumento mais acentuado na década de 1990. Em 1961, as emissões foram na casa de 28,8 mil toneladas de CH₄ enquanto em 2019 as emissões alcançaram cerca de 69,8 mil toneladas, apresentando um aumento de mais de duas vezes o valor inicial da análise. O aumento destas emissões de metano podem ser atribuído a expansão agrícola no Brasil, com o aumento das áreas cultivadas e da produção, resultando em um volume maior de resíduos. A queima de resíduos orgânicos, muitas vezes empregada em regiões do Brasil, somada a ausência de alternativas viáveis ao produtor pode contribuir para o cenário de grandes emissões de metano que é um dos gases responsável pelo efeito estufa.

Figura 4 – Emissão de NO₂ por resíduos da agricultura no Brasil – 1961 à 2019

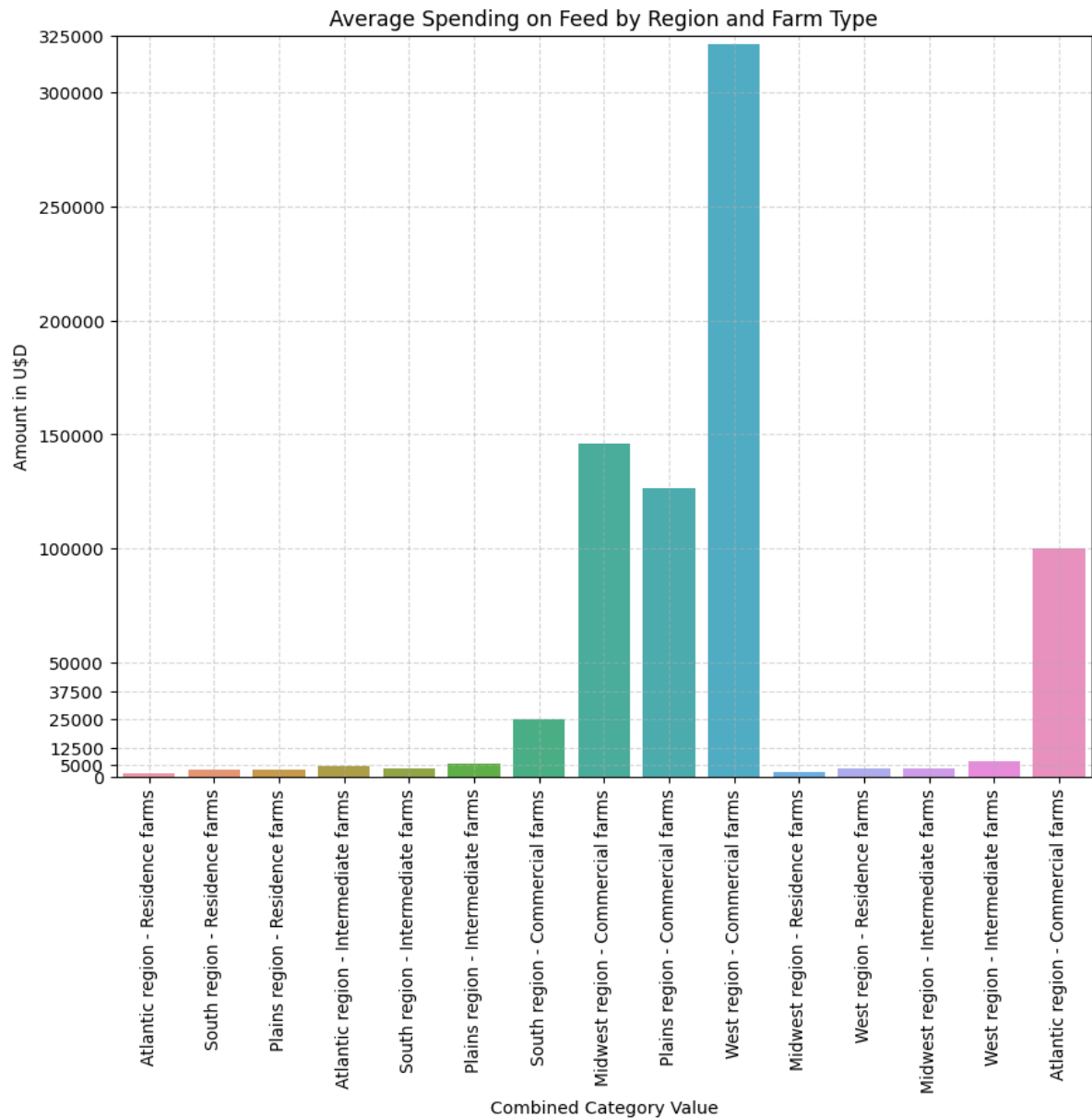
Fonte: Autor.

O gráfico apresenta a trajetória da emissão de NO₂ no Brasil entre os anos de 1961 e 2019. Observamos um aumento de cerca de 3900 toneladas de emissão de NO₂ em território nacional para 39000 toneladas em 2019 ao longo de 58 anos. É importante ressaltar que o aumento não é linear, apesar da aparência do gráfico, isso se dá pelo fato da ferramenta utilizada, porém, ao analisarmos podemos constatar picos deste crescimento ao longo do período. O aumento destas emissões pode se dar por alguns motivos, como a expansão da área agrícola, que aumenta os resíduos gerados e consequentemente a emissão de NO₂, a queima de resíduos agrícolas, e mudanças climáticas naturais, que também podem influenciar o ciclo do nitrogênio no solo, levando a um aumento na emissão de NO₂.

4.2 – DADOS ESPECÍFICOS DE AGRICULTURA

A segunda parte da ferramenta segue a linha de busca de dados em bancos públicos e gratuitos para facilitar a visualização dos participantes do cenário, bem como entender profundidade, capacidade de absorção e gastos dos produtores de animais, rações e produtos agrícolas, neste caso selecionamos dados disponíveis no banco de dados fornecido pela USDA (*Departamento de Agricultura dos Estados Unidos*), dados extraídos através de uma API (*Application Programming Interface*) estruturada no ambiente Jupyter Notebook, com a linguagem de programação Python, os dados que seguem a título de ilustração e com o intuito de mostrar a funcionalidade da ferramenta mostram dados de gastos com formulações *feed* pelas fazendas dos Estados Unidos da América no ano de 2021, é possível notar tendências no mercado importantes que proporcionam grande vantagem quando nos deparamos com o problema de formulação de rações e a seleção de substitutos para substratos que sofreram com a inflação nos preços, ou simplesmente são considerados no momento depreciados por algum outro motivo, nutricional ou de qualquer outra natureza, segue:

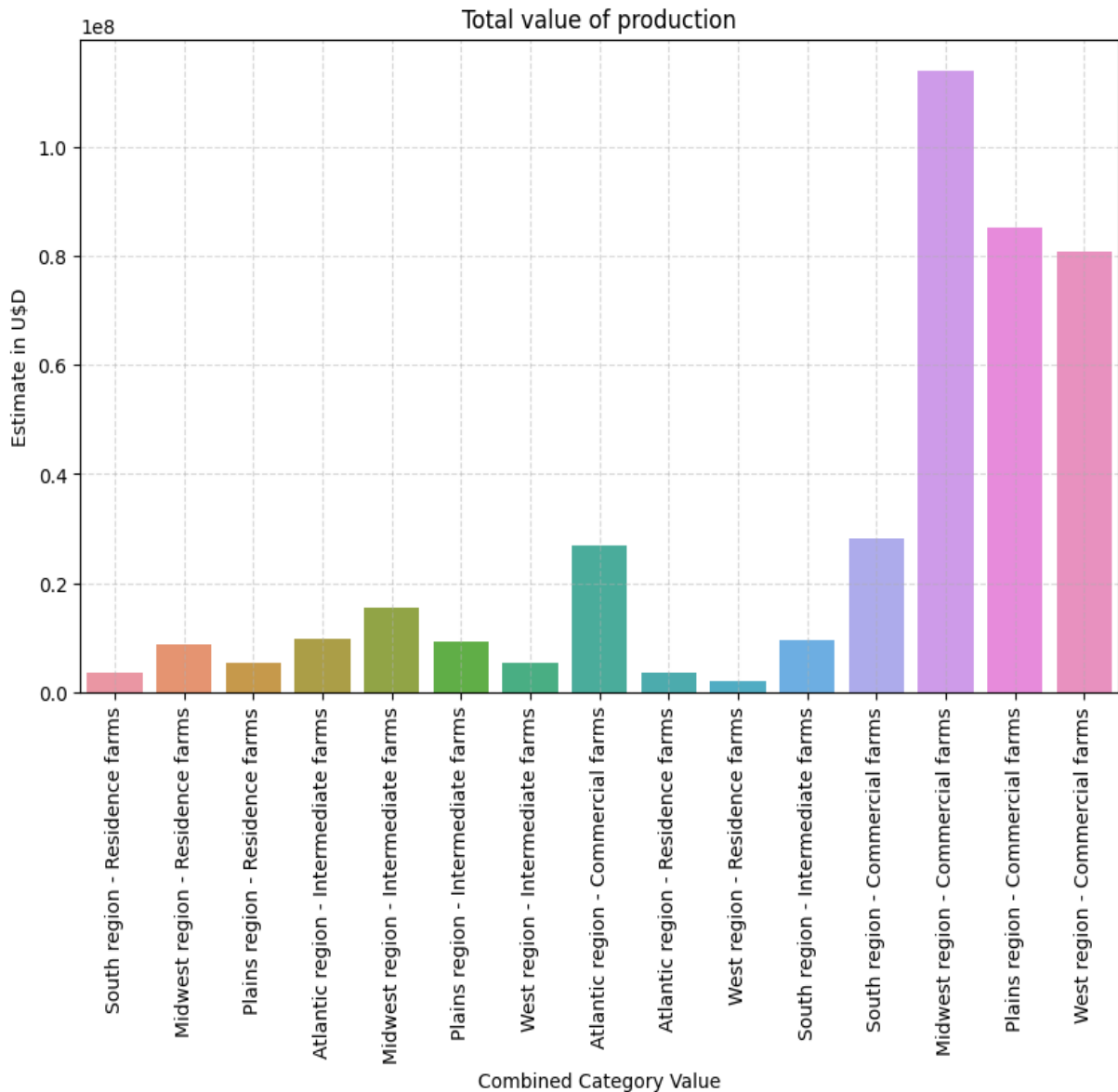
Figura 5 – Consumo médio com formulações feed por fazendas e regiões.



Fonte: Autor.

O gráfico apresenta o gasto médio com formulações feed por região e tipo de fazenda nos Estados Unidos, podemos por exemplo identificar a região do Oeste como uma das que mais gasta com uma média de aproximadamente U\$D 325.000,00. O gráfico nos revela que os tipos de fazenda com mais gasto são as fazendas comerciais com gasto de até U\$D 325.000,00 e dentre as que gastam menos podemos destacar as residenciais com valores que não ultrapassam a marca de U\$D 5.000,00. As informações que podemos extrair do gráfico vão além das óbvias métricas, podemos inferir tamanhos de fazenda, produtividade da mesma e preços de formulações feed pelo território estudado. Estas estimativas são de grande valia quando pensamos em uma análise econômico-geográfica inicial.

Figura 6 – Valor total de produção por fazendas e regiões



Fonte: Autor.

Na figura apresentada gerada pelo modelo que se comunica através de uma API com o banco de dados da USDA (como todas as outras) temos os valores totais de produção por tipo de fazenda e região. Temos a região Centro Oeste dos Estados Unidos como a maior produtora com valores médios de U\$D 1.000.000,00. Estes valores podem estar ligados diretamente ao tamanho da fazenda, o tipo de cultura ou animal criado, assim como o preço dos produtos disponíveis nas regiões. O importante nesse momento é compreender que a ferramenta pode nos fornecer informações que possibilitam a organização e o planejamento quando pensamos em formulações feed com o viés econômico em mente.

4.3 - ESTIMATIVAS FUTURAS DE PRODUÇÃO.

Com a intenção de empregar técnicas de aprendizado em máquina no sentido de compreender cenários que venham a acontecer no setor da agricultura, e principalmente da formulação de rações, a ferramenta se propõe em um primeiro momento utilizar mais uma vez da implementação da linguagem Python para utilizar uma técnica de regressão linear de multi variável correlacionando dados de produção anual de milho e soja com o número de cabeças de gado no Brasil entre os anos de 1961 à 2021, nota-se que tal implementação faz sentido e consegue ‘compreender’ a relação entre as produções e seu aumento com o número de cabeças de gado em território nacional, sendo inclusive, como as demais, uma ferramenta interativa com a possibilidade de inserção de novos valores para a parametrização de novos cenários, segue:

Figura 7 – Ambiente Jupyter Notebook, aplicação de regressão linear múltipla

```
# Predict the next values based on the livestock number
next_livestock = 250602112 # Provide the next livestock number here
next_row_predictions = model.predict([[next_livestock]])

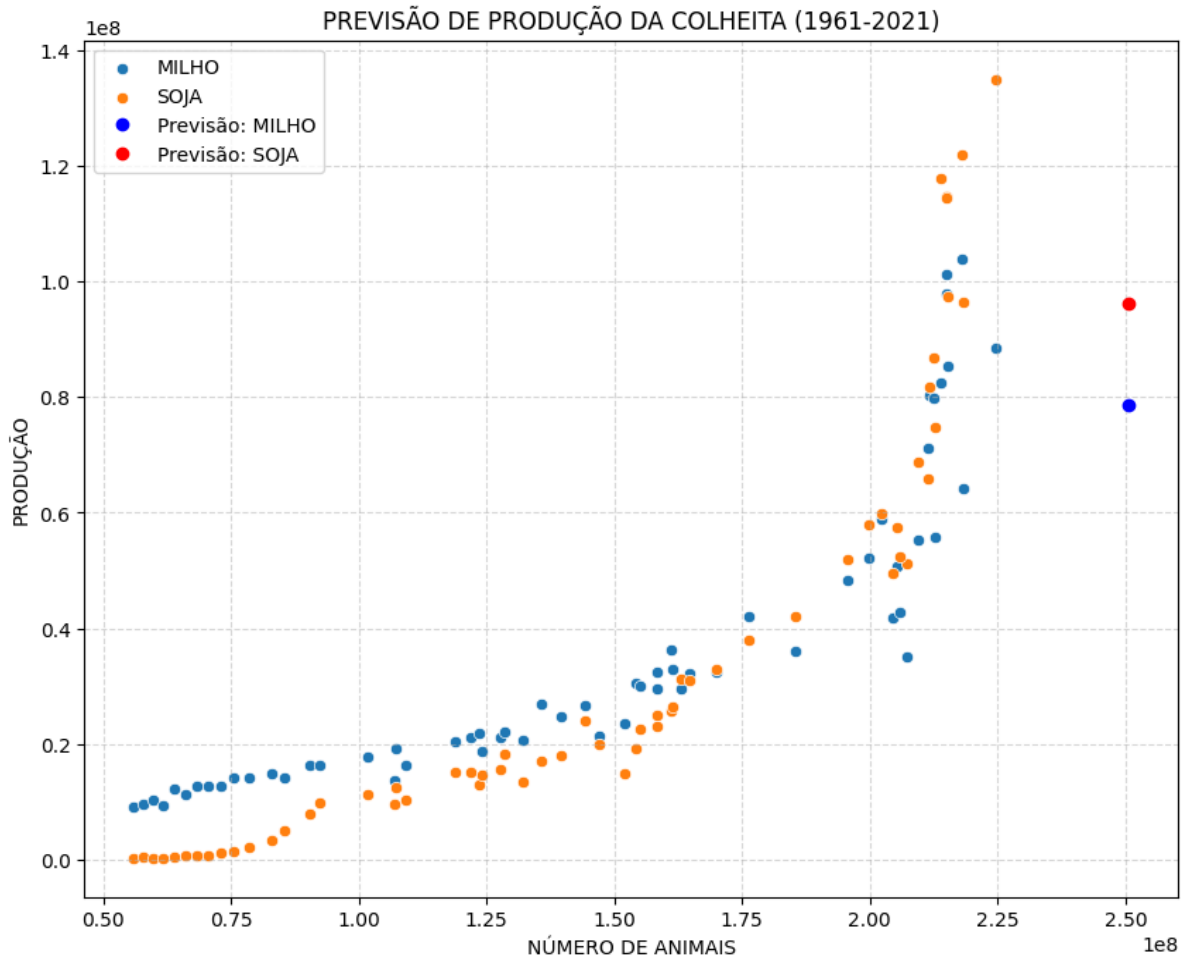
# Display the predicted values for MILHO and SOJA
print("Predicted values for the next row:")
print(next_row_predictions)

Predicted values for the next row:
[[78497692.56848975 96064553.8721636 ]]

/home/henrique/anaconda3/envs/tensorflow/lib/python3.9/site-packages/sklearn/base.py:450: UserWarning: X does not have valid feature names, but LinearRegression was fitted with feature names
  warnings.warn(
```

Fonte: Autor.

Figura 8 – Previsão da produção de colheita.



Fonte: Autor.

Ao analisarmos o gráfico notamos o aumento constante do número de cabeças de gado em conjunto com a produção de milho e soja, notamos ainda um comportamento exponencial, por conta da curvatura dos pontos plotados, tanto na produção de milho quanto na produção de soja. Neste momento vale ressaltar mais uma vez que o intuito da ferramenta é de auxílio e leitura dos possíveis cenários que tocam a produção de produtos da agropecuária e agricultura e possíveis pontos de interesse para formulações feed. Os pontos azul e vermelho como identificados no gráfico, que aparecem de maneira quase isolada no canto superior direito representam as previsões do modelo de regressão linear para colheitas de milho e soja baseando-se exclusivamente no número médio de animais.

Dentre as outras funcionalidades da ferramenta construída, se encontra outra capacidade de aprendizado em máquina conhecida como *Random Forest*, que é uma técnica empregada em tarefas de classificação e regressão. O algoritmo cria uma coleção de árvores de decisão onde cada árvore é treinada em uma sub sessão de dados, durante o treinamento cada árvore e sessão fazem de forma independente previsões sobre o cenário, ao final a agregação de todas as decisões é computada e o cenário mais provável é escolhido, assemelhando-se a uma simulação de Monte Carlo. Neste caso, mais uma vez pensando em um cenário onde o produtor pode inferir informações sobre a formulação de ração animal, produção de matrizes vegetais e perdas de produto, relacionamos dados encontrados no banco de dados da FAO para mostrar o funcionamento da ferramenta, neste caso, escolhemos um cenário no qual houve um aumento considerável da utilização de batata doce na formulação de ração animal e pedimos ao modelo que compreendesse a relação entre as três variáveis e nos fornecesse uma cenário futuro, assim sendo, permitindo ao produtor que melhor escolhesse suas fontes de ração em um cenário hipotético, segue:

Figura 9 – Ambiente Jupyter Notebook, aplicação de Random Forest.

```
model_loss = RandomForestRegressor()
model_loss.fit(X, y_loss)

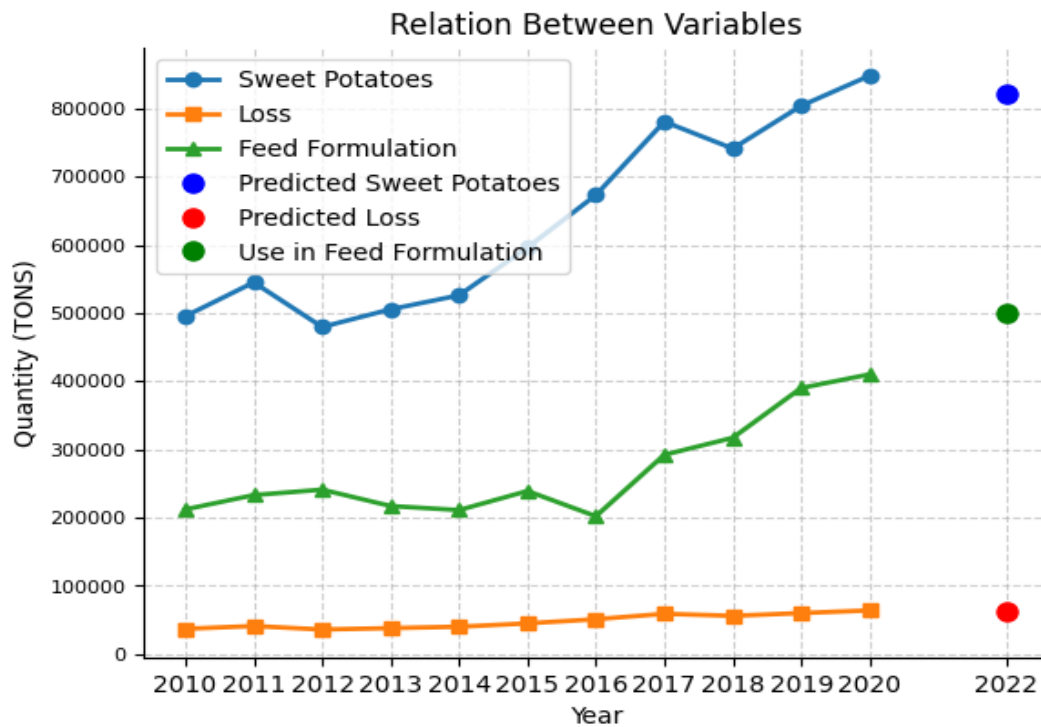
# Predict the sweet potato production and loss for a given feed formulation
new_feed_formulation = 500000 # Input the feed formulation for prediction
predicted_sweet_potatoes = model_sweet_potatoes.predict([[new_feed_formulation]])
predicted_loss = model_loss.predict([[new_feed_formulation]])

print("Predicted Sweet Potatoes Production:", predicted_sweet_potatoes[0])
print("Predicted Loss:", predicted_loss[0])

Predicted Sweet Potatoes Production: 825851.52
Predicted Loss: 62330.0
```

Fonte: Autor.

Figura 10 - Relação entre variáveis e previsibilidade com Random Forest



Fonte: Autor.

A ferramenta nos permite analisar a correlação entre a produção de batata doce, sua utilização em formulações feed e também seu desperdício em índices gerais. A ferramenta utiliza da técnica conhecida como *Random Forest* e consegue parametrizar o comportamento das variáveis, nos entregando parâmetros futuros muito interessantes do ponto de vista quantitativo, os pontos azul, verde e vermelho na porção direita do gráfico de maneira isolada nos mostra esses pontos futuros especulativos.

4.4 – CALCULADORA NUTRICIONAL DE NOVAS FORMULAÇÕES

A ferramenta F₂HT foi desenvolvida com um algoritmo capaz de nos auxiliar na construção e pesquisa de novas fontes nutricionais e formulações feed. Essa funcionalidade se vale de uma API pública fornecida pela USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) que conta com um banco de dados rico em fontes alimentares, bem como seus valores nutricionais. A ferramenta permite ao usuário inserir fontes de alimentos (ingredientes) e suas quantidades, obtendo como resultado os valores nutricionais unitários e gráficos que os representam para melhor visualização, é fornecido ao final também o valor nutricional total da formulação junto com seu gráfico respectivo, permitindo em um cenário hipotético ao agricultor ou produtor rural escolher quais itens inserir ou retirar de suas formulações. Neste exemplo optamos por simular uma ração composta por Proteína de Soja Isolada (500g), Cevada (250g) e Grãos de Milho branco (250g), nas figuras seguintes a ferramenta nos permite ainda obter os valores de composição nutricional dos ingredientes de forma individual e discriminada, optamos por visualmente dividir gráficos de componentes em gramas e miligramas para um melhor entendimento e compreensão, dada a escala ser composta por diferentes ordens de grandeza. Obtemos os seguintes parâmetros:

Figura 11 – Jupyter Notebook, composição nutricional Soja (Amostra)

```
# Usage example
food_ids_weights = {'174302': 500, '2343845': 250, '168920': 250} # Replace with the desired FDC
get_food_by_id(food_ids_weights)
```

Food Description: Soy protein isolate, potassium type

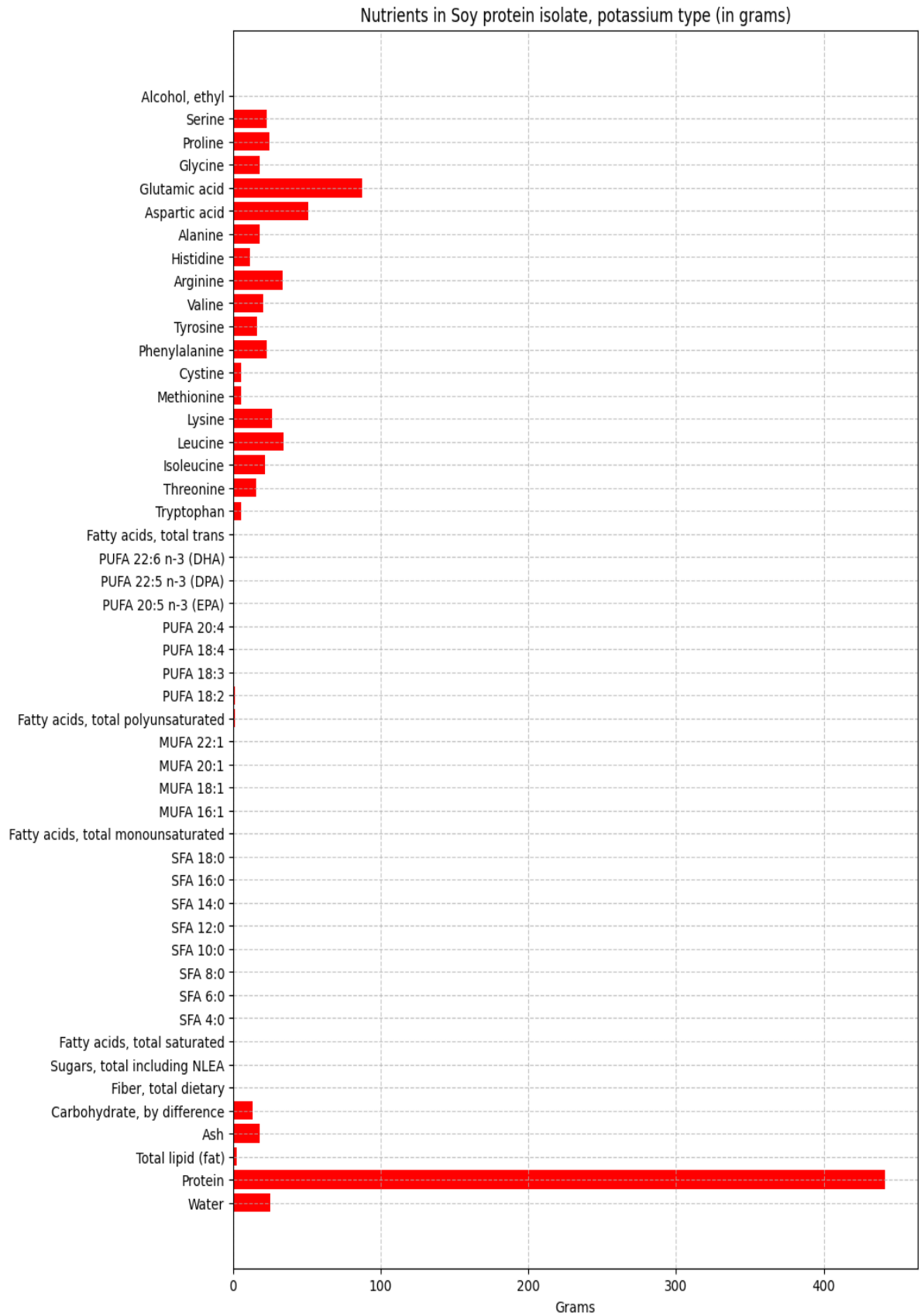
Serving Size: 100 g
Desired Weight: 500 g

Food Nutrients:

- Water: 24.900000000000002 g
- Energy: 1605.0 kcal
- Energy: 6725.0 kJ
- Protein: 441.59999999999997 g
- Total lipid (fat): 2.6500000000000004 g
- Ash: 17.9 g
- Carbohydrate, by difference: 12.95 g
- Fiber, total dietary: 0.0 g
- Sugars, total including NLEA: 0.0 g
- Calcium, Ca: 890.0 mg
- Iron, Fe: 72.5 mg
- Magnesium, Mg: 195.0 mg
- Phosphorus, P: 3880.0 mg
- Potassium, K: 7950.0 mg
- Sodium, Na: 250.0 mg
- Zinc, Zn: 20.150000000000002 mg
- Copper, Cu: 7.995 mg

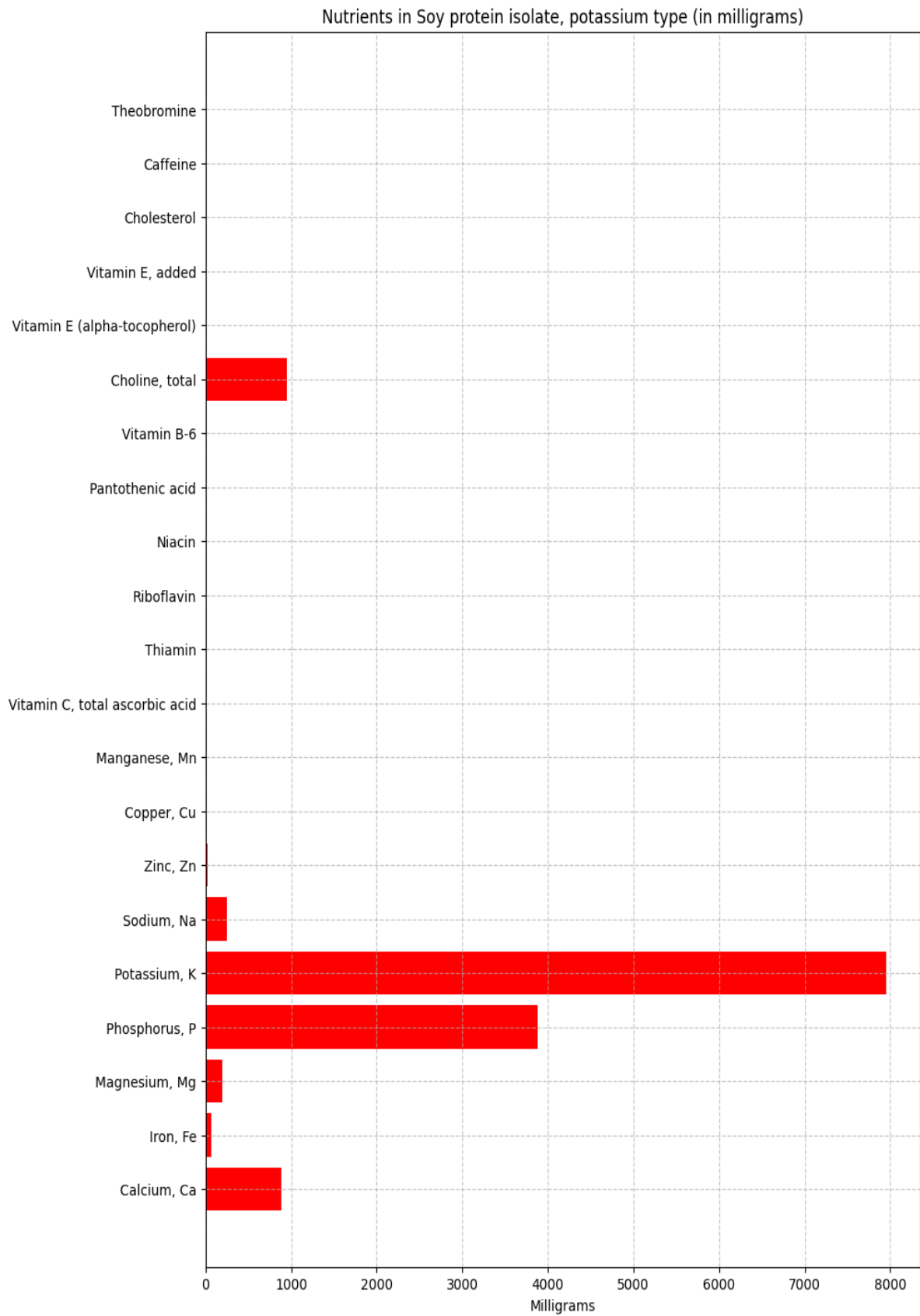
Fonte: Autor.

Figura 12 - Composição nutricional da Soja (gramas)



Fonte: Autor.

Figura 13 - Composição nutricional da Soja (miligramas)



Fonte: Autor.

Figura 14 – Jupyter Notebook, composição nutricional Cevada (Amostra).

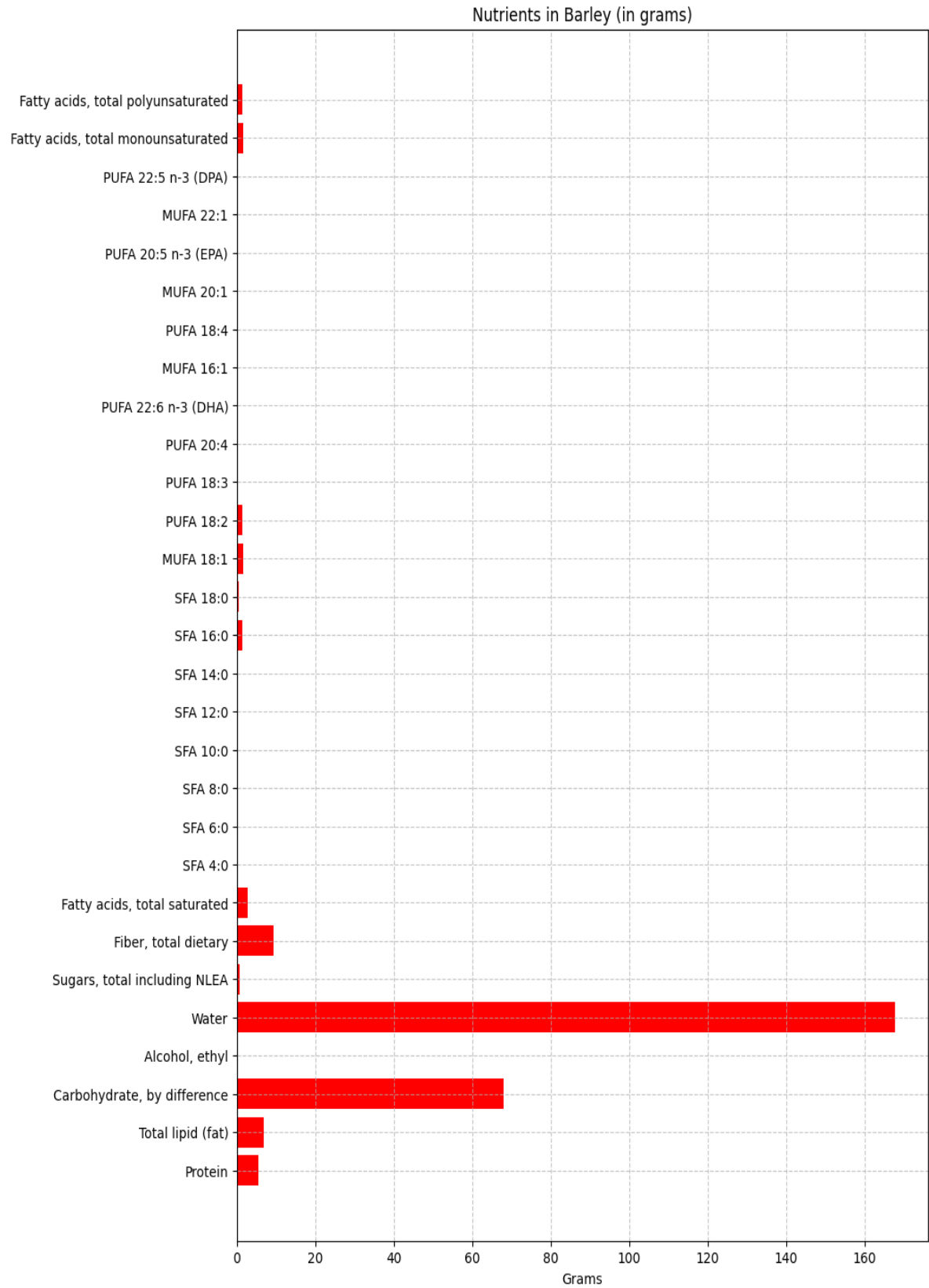
```
Food Description: Barley

Serving Size: 100 g
Desired Weight: 250 g

Food Nutrients:
- Protein: 5.5 g
- Total lipid (fat): 6.8500000000000005 g
- Carbohydrate, by difference: 68.0 g
- Energy: 347.5 kcal
- Alcohol, ethyl: 0.0 g
- Water: 167.75 g
- Caffeine: 0.0 mg
- Theobromine: 0.0 mg
- Sugars, total including NLEA: 0.7000000000000001 g
- Fiber, total dietary: 9.25 g
- Calcium, Ca: 27.5 mg
- Iron, Fe: 3.2 mg
- Magnesium, Mg: 52.5 mg
- Phosphorus, P: 132.5 mg
- Potassium, K: 225.0 mg
- Sodium, Na: 497.5 mg
- Zinc, Zn: 1.975 mg
```

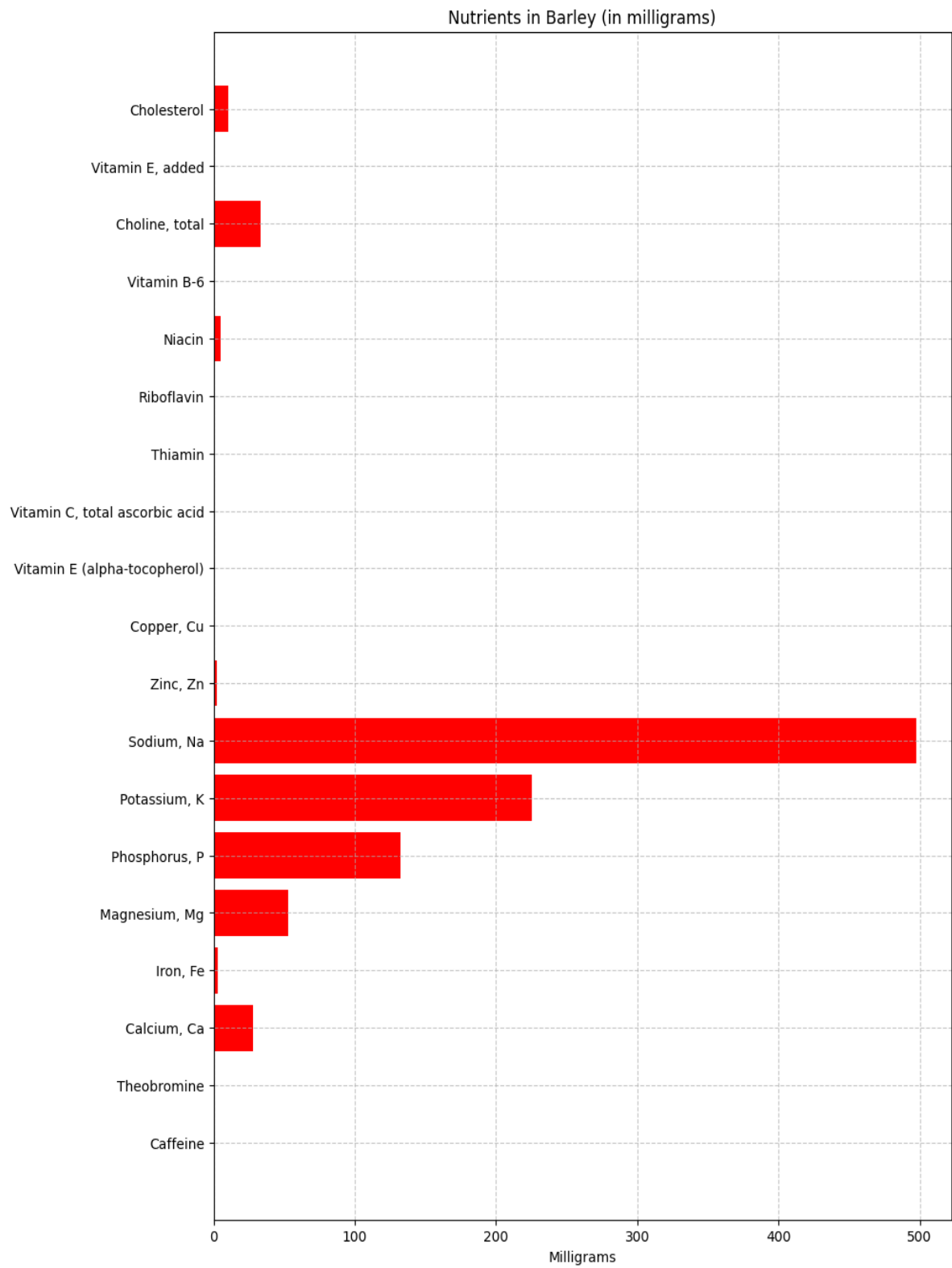
Fonte: Autor.

Figura 15 – Composição nutricional da Cevada (gramas).



Fonte: Autor.

Figura 16 – Composição nutricional da Cevada (miligramas).



Fonte: Autor.

Figura 17 – Jupyter Notebook, composição nutricional do Milho Branco (Amostra)

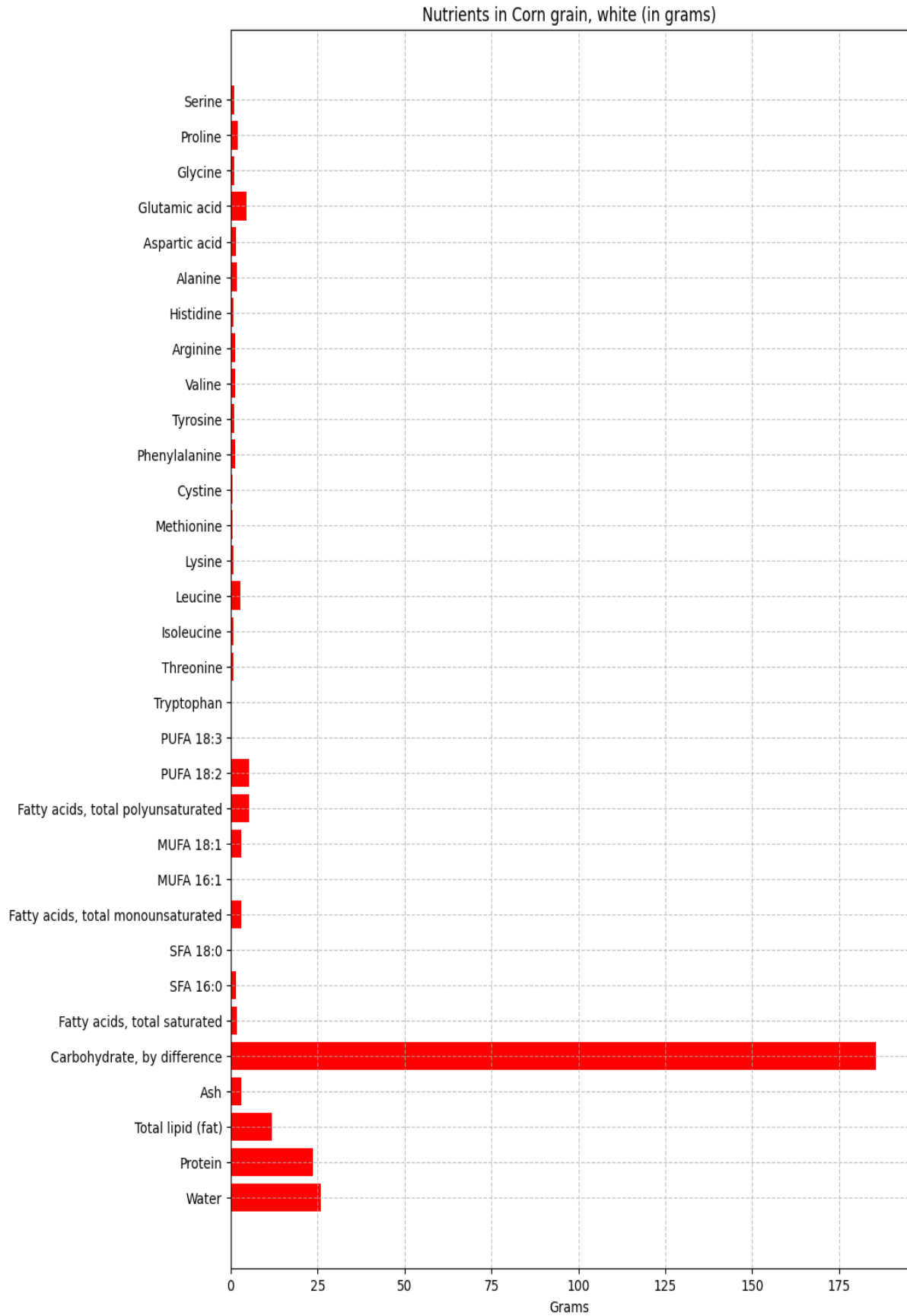
```
Food Description: Corn grain, white

Serving Size: 100 g
Desired Weight: 250 g

Food Nutrients:
- Water: 25.924999999999997 g
- Energy: 912.5 kcal
- Energy: 3817.5 kJ
- Protein: 23.55 g
- Total lipid (fat): 11.850000000000001 g
- Ash: 3.0 g
- Carbohydrate, by difference: 185.65 g
- Calcium, Ca: 17.5 mg
- Iron, Fe: 6.775 mg
- Magnesium, Mg: 317.5 mg
- Phosphorus, P: 525.0 mg
- Potassium, K: 717.5 mg
- Sodium, Na: 87.5 mg
- Zinc, Zn: 5.525 mg
- Copper, Cu: 0.785 mg
- Manganese, Mn: 1.2125 mg
- Selenium, Se: 38.75 µg
```

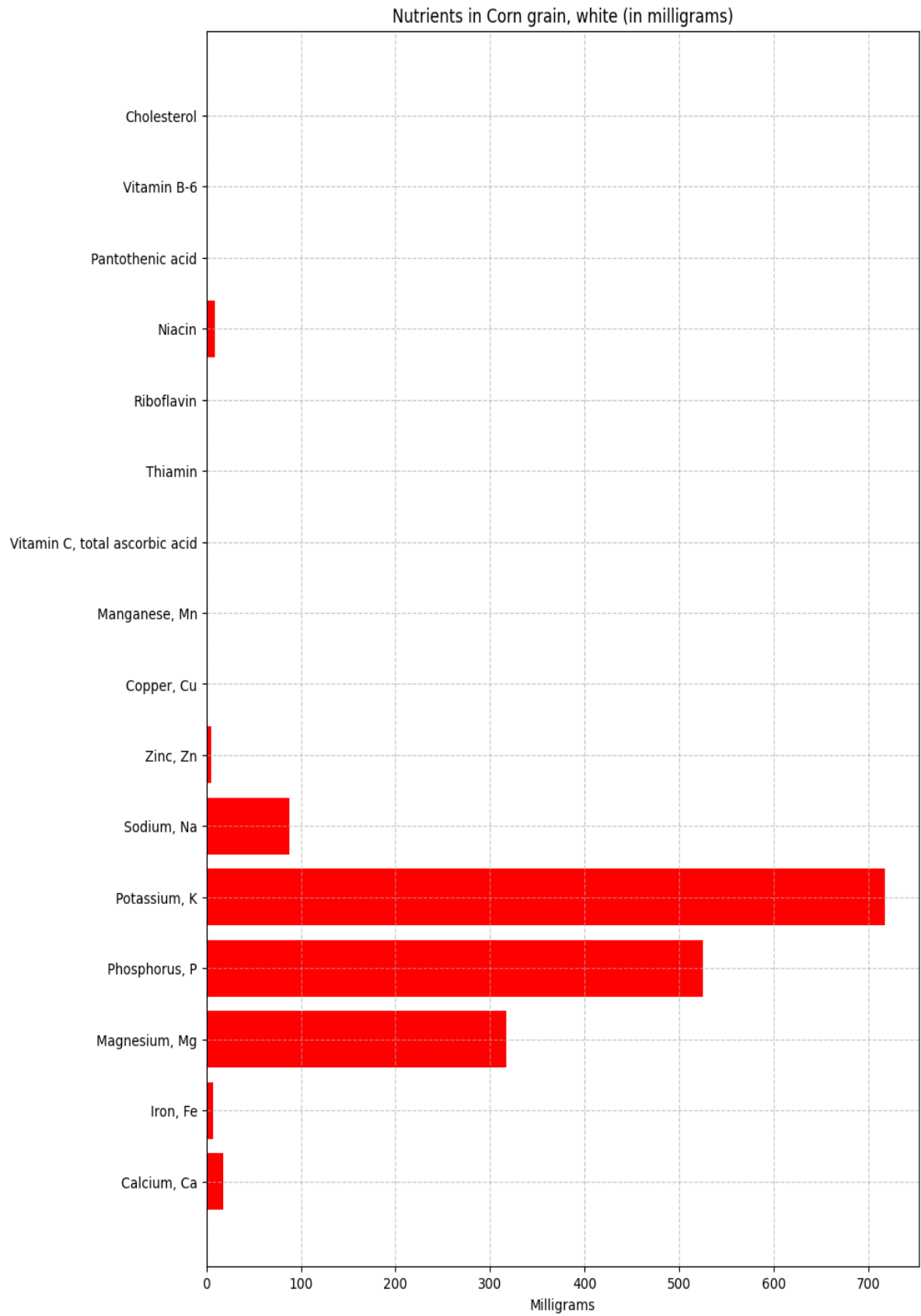
Fonte: Autor.

Figura 18 – Composição nutricional do Milho Branco (gramas).



Fonte: Autor.

Figura 19 – Composição nutricional do Milho Branco (miligramas).



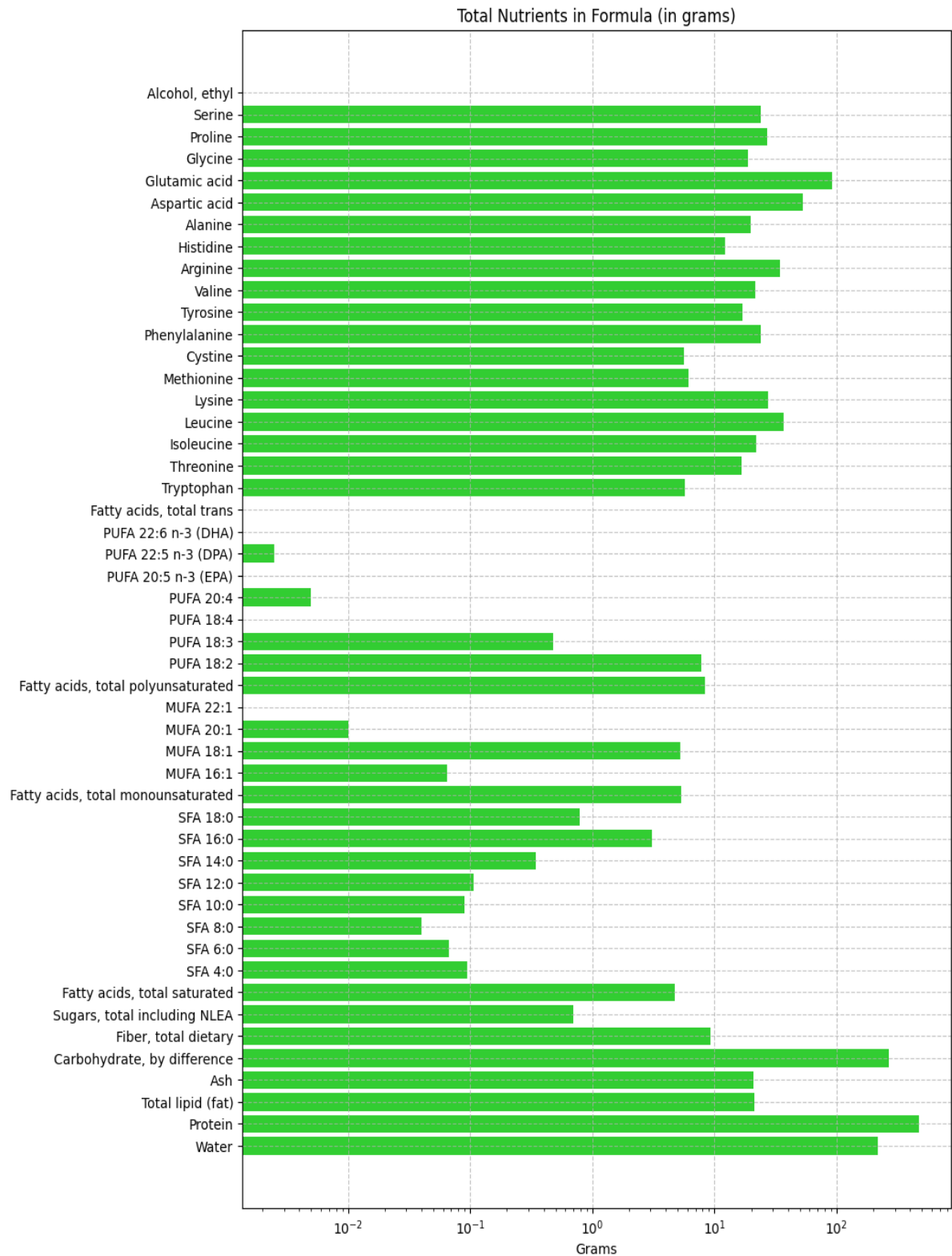
Fonte: Autor.

Figura 20 – Jupyter Notebook, composição nutricional total (Amostra).

```
Total Nutrients for All Foods:  
- Water: 218.575 g  
- Protein: 470.65 g  
- Total lipid (fat): 21.35 g  
- Ash: 20.9 g  
- Carbohydrate, by difference: 266.6 g  
- Fiber, total dietary: 9.25 g  
- Sugars, total including NLEA: 0.7000000000000001 g  
- Fatty acids, total saturated: 4.7775 g  
- SFA 4:0: 0.095 g  
- SFA 6:0: 0.0675 g  
- SFA 8:0: 0.04 g  
- SFA 10:0: 0.09 g  
- SFA 12:0: 0.10749999999999998 g  
- SFA 14:0: 0.3425 g  
- SFA 16:0: 3.0825 g  
- SFA 18:0: 0.7875 g  
- Fatty acids, total monounsaturated: 5.3725 g  
- MUFA 16:1: 0.065 g  
- MUFA 18:1: 5.237500000000001 g  
- MUFA 20:1: 0.01 g  
- MUFA 22:1: 0.0 g  
- Fatty acids, total polyunsaturated: 8.3325 g
```

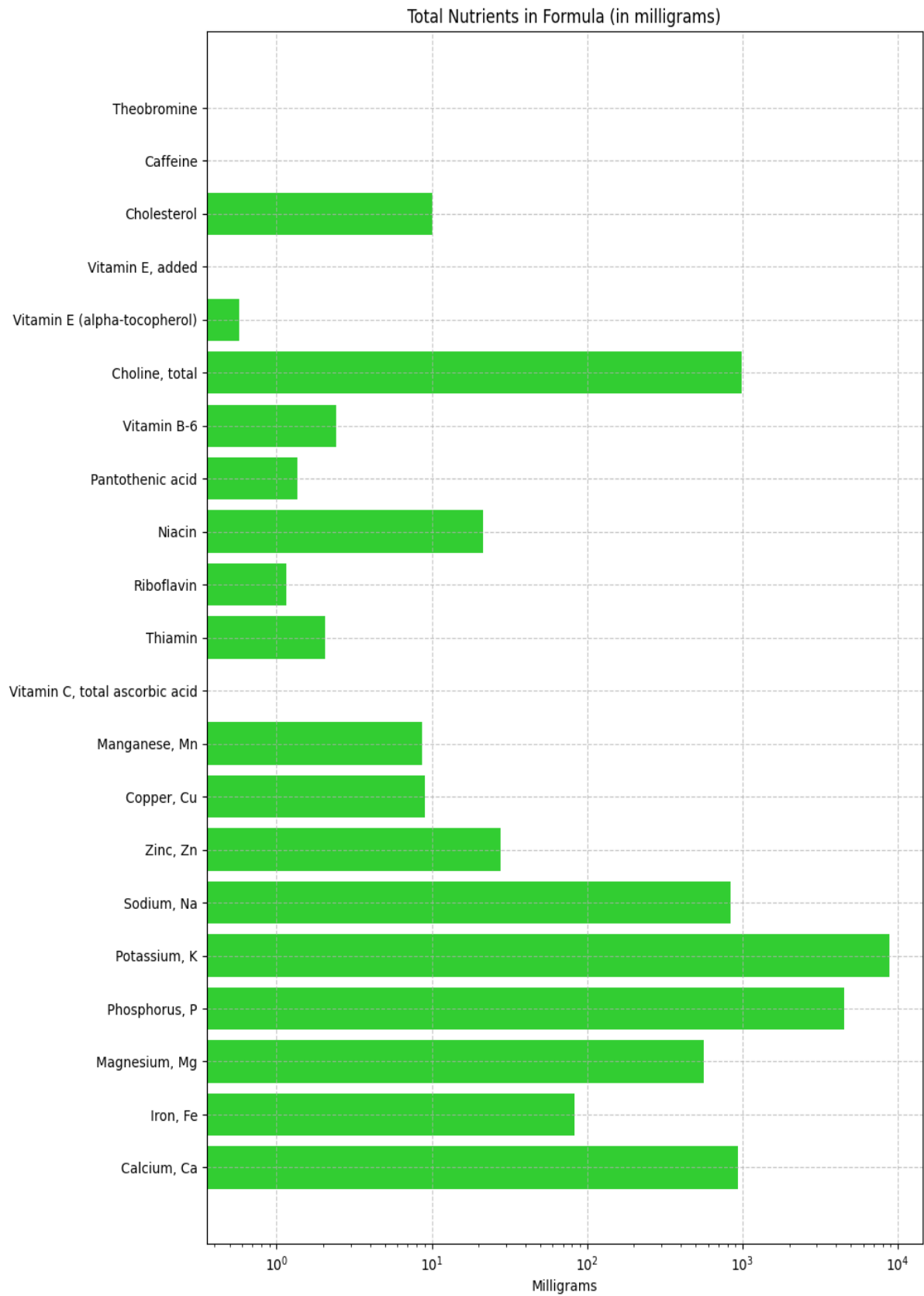
Fonte: Autor.

Figura 21 – Composição nutricional total (gramas).



Fonte: Autor.

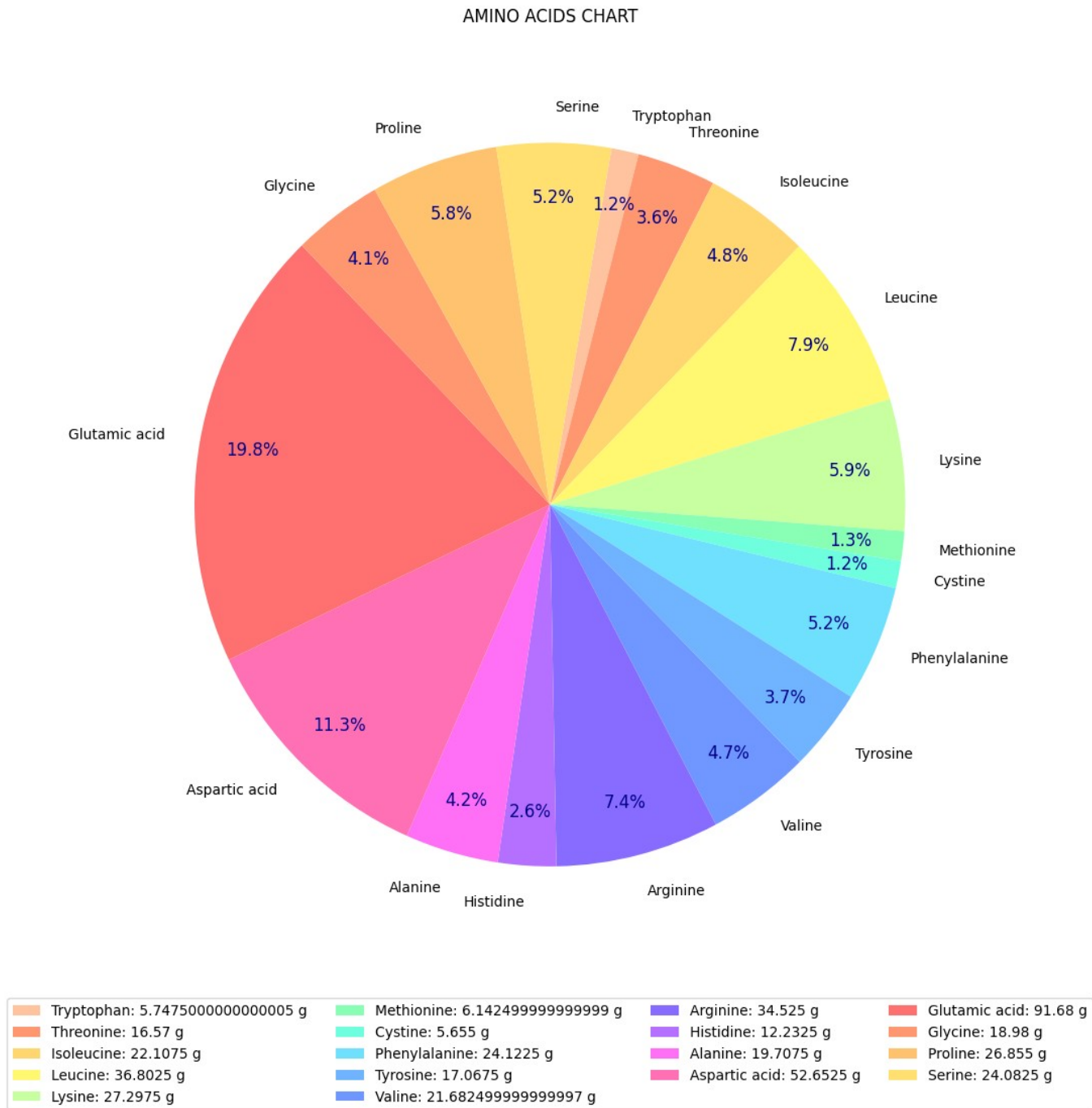
Figura 22 – Composição nutricional total (miligramas).



Fonte: Autor.

4.5 – COMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS

Figura 23 – Composição de Aminoácidos.

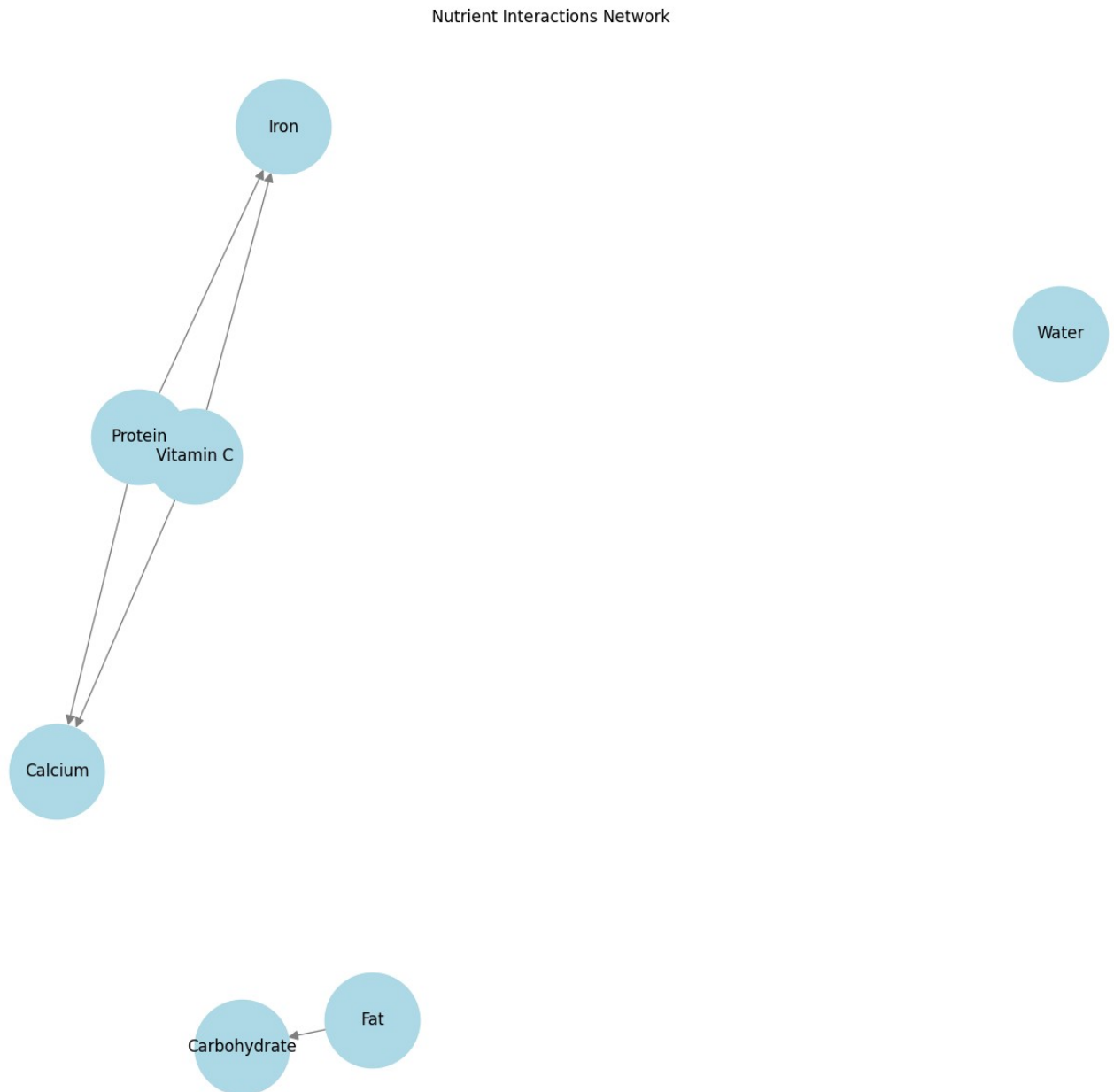


Fonte: Autor.

Adicionalmente o modelo é capaz de plotar e mostrar um grafismo que demonstra a distribuição dos aminoácidos presentes na formulação, que pode ser de grande valia ao substituímos itens de formulações novas.

4.6 – RELAÇÃO QUÍMICA ENTRE OS COMPONENTES

Figura 24 – Relação química da formulação feed.



Fonte: Autor.

Mais uma funcionalidade da ferramenta trata de encontrarmos uma relação química para alguns nutrientes da formulação, nos valendo de uma biblioteca química da linguagem Python de codinome RDKit em conjunto com uma biblioteca que tem também por funcionalidade esboçar sistemas matematicamente complexos.

4.7 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS AMINOÁCIDOS

Figura 25 – Características da molécula de ácido glutâmico.

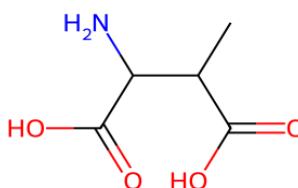
```
# Print the table with colored headers
print(colored("Molecule Properties:", "blue"))
print(colored(table, "white"))
print(colored("Gasteiger Charges:", "blue"))
print(colored(charges, "white"))
```

```
Molecule Properties:
| Property                | Value                |
|-----+-----|
| Formula                  | C5H9NO4              |
| Molecular Count          | 10                   |
| Molecular Weight         | 147.13               |
| TPSA (Polarity)         | 100.61999999999999  |
| LogP (lipophilicity)    | -0.8809999999999996 |
| CLogP                   | -0.8809999999999996 |
| Hydrogen Bond Donors     | 3                    |
| Hydrogen Bond Acceptors  | 3                    |
| Number of Rotatable Bonds | 3                    |
| Fraction of CSP3 Carbon Atoms | 0.6                 |
| Number of Aromatic Rings | 0                    |
| Number of Heteroatoms   | 5                    |
| TPSA with Hydrogens      | 100.61999999999999  |
Gasteiger Charges:
None
```

Fonte: Autor.

A ferramenta, através da biblioteca RDKit que é um kit de ferramentas de quimioinformática de código aberto, nos possibilita trabalhar com modelagem molecular, previsão de propriedades e visualização de dados. Como podemos observar na imagem acima, contamos com leituras de número de moléculas, peso molecular, TPSA (polaridade, capacidade da substância de permear células). Assim como um número grande de outros parâmetros para melhor compreensão do componente.

Figura 26 – Molécula de Ácido Glutâmico.



Fonte: Autor.

Figura 27 – Características da molécula de Leucina.

```
# Print the table with colored headers
print(colored("Molecule Properties:", "blue"))
print(colored(table, "white"))
print(colored("Gasteiger Charges:", "blue"))
print(colored(charges, "white"))
```

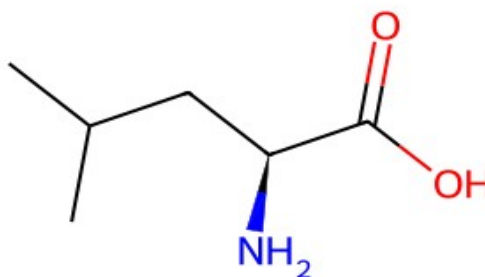
Molecule Properties:

Property	Value
Formula	C6H13N02
Molecular Count	9
Molecular Weight	131.17499999999998
TPSA (Polarity)	63.32
LogP (lipophilicity)	0.44439999999999996
ClogP	0.44439999999999996
Hydrogen Bond Donors	2
Hydrogen Bond Acceptors	2
Number of Rotatable Bonds	3
Fraction of CSP3 Carbon Atoms	0.8333333333333334
Number of Aromatic Rings	0
Number of Heteroatoms	3
TPSA with Hydrogens	63.32

Gasteiger Charges:
None

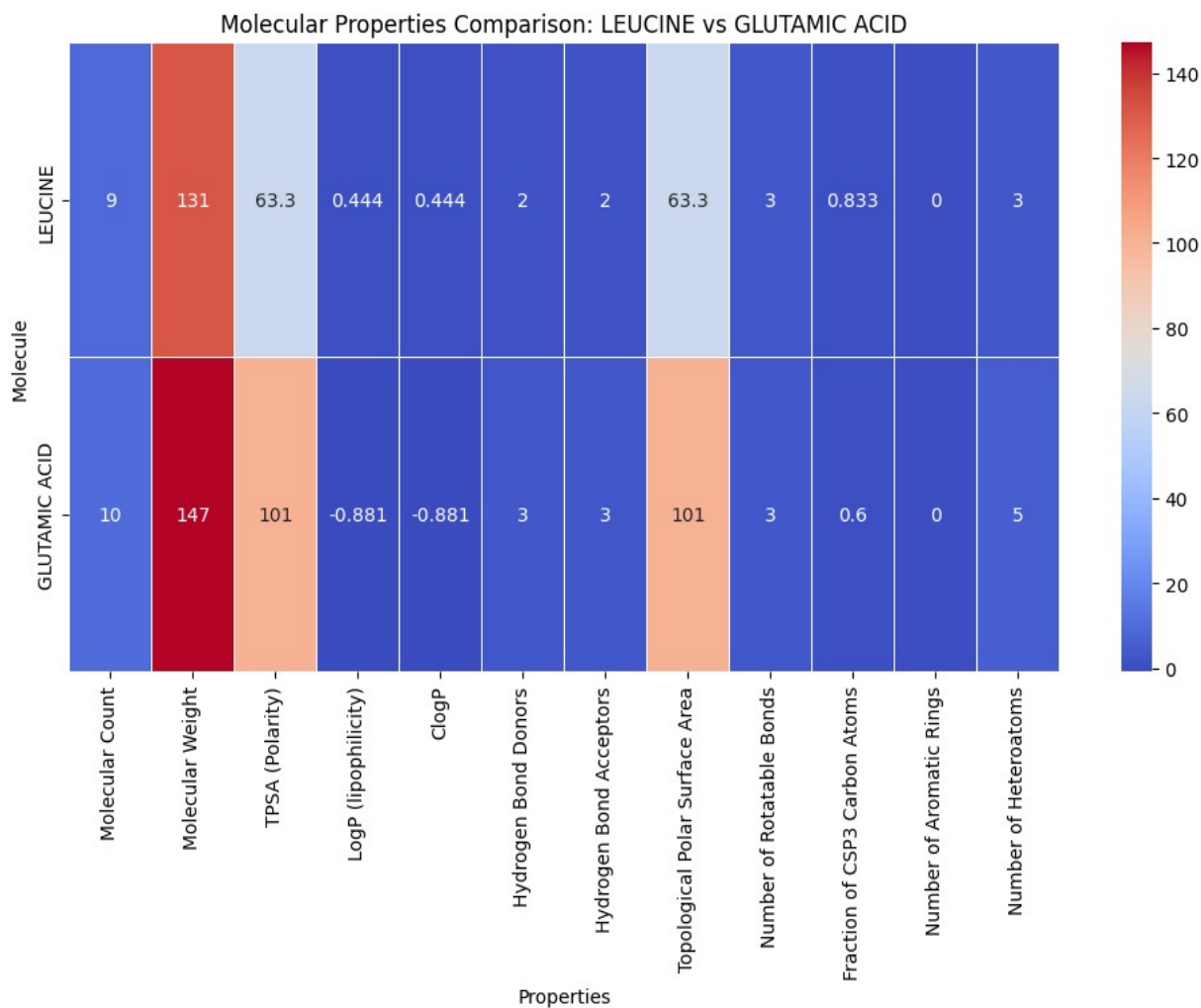
Fonte: Autor.

Figura 28 – Molécula de Leucina.



Fonte: Autor.

Figura 29 – Mapa de calor : Acido Glutâmico e Leucina.



Fonte: Autor.

Essa outra funcionalidade, trata de uma comparação por mapa de calor oferecida pela ferramenta, com o intuito de comparar dois aminácidos diferentes, em um cenário onde essa comparação faça sentido para a composição de nova formulação feed. A ferramenta compara número de moléculas, peso molecular, TPSA, LogP, ClogP, doadores de ligação de hidrogênio, área de superfície polar topológica, número de ligação rotativas, fração de átomos de carbono CSP3, número de anéis aromáticos e número de heteroátomos.

4.8 INTERAÇÃO DOS DADOS COM O MODELO GPT 3.5 TURBO 16K.

A última funcionalidade da ferramenta conta com o auxílio do modelo pré treinado da OPENAI (GPT 3.5 Turbo 16K) para contextualizar análises e facilitar a compreensão de um conjunto de variáveis, assim como avaliar uma nova formulação. O modelo NLP é acionado através de uma API em um ambiente de codificação construído pelo proponente onde questões sobre um determinado arquivo contendo informações sobre a produção, neste caso de batata doce, sua utilização em formulações feed e por fim seu desperdício, são levantadas. Neste momento é importante frisar que buscamos uma compreensão da situação complexa e contextualização do modelo frente a este problema. As questões foram feitas em inglês pois o modelo pré-treinado se comunica e compreende melhor na língua inglesa.

Figura 30 – Interação de dados com o modelo GPT 3.5 Turbo 16K.

```

# Example usage
file_path = 'SWEETPOTATOANALYSIS.ods' # Update the file path to your ODS file
df = load_ods_file(file_path)
inquiry = "based on a linear regression on this FAO data, the use of 500000 tons (inputed) of swee
assertion = make_assertions(df, inquiry)
print(assertion)

```

To determine if the predicted values make sense, we need to analyze the relationship between the use of sweet potatoes in feed formulations and its impact on sweet potato production and loss.

Based on the given data, we can observe that there is an increasing trend in sweet potato production from 2010 to 2020. Additionally, there is also an increasing trend in the use of sweet potatoes in feed formulations during the same period.

If we perform a linear regression analysis using the data provided, we can estimate the relationship between the use of sweet potatoes in feed formulations and sweet potato production and loss in 2022. However, we also need to consider that other factors can influence these values, such as changes in agricultural practices, climate conditions, and market demand.

Based on the predicted values of the linear regression analysis, it seems that the use of 500,000 tons of sweet potatoes in feed formulations in 2022 would result in estimated sweet potato production of 822,209.58 tons and an estimated loss of 62,310 tons.

To analyze whether these values make sense, we need to consider the context of the data. If there are no significant changes in the agricultural practices, climate conditions, or market demand, it is possible that increasing the use of sweet potatoes in feed formulations could lead to an increase in sweet potato production. However, the estimated loss of 62,310 tons seems relatively high compared to previous years.

This implies that there might be a trade-off between using sweet potatoes in feed formulations and potential food waste. A higher use of sweet potatoes in feed formulations could result in a higher production of sweet potatoes but could also lead to more wastage. It would be essential to carefully consider the balance between using sweet potatoes for animal feed and ensuring food security.

It is important to note that this analysis is based on a linear regression of historical data, and other factors can significantly affect the outcome. Therefore, further analysis and consideration of multiple variables are necessary to fully understand the relationship between the use of sweet potatoes in feed formulations and its impact on production and loss.

Fonte: Autor.

Questão 01 - inquiry = "based on a linear regression on this FAO data, the use of 500.000 tons (inputed) of sweetpotatos in feed formulations in the year of 2022 would implicate in Predicted Sweet Potatoes Production: 822209.58 Predicted Loss: 62310.0, do you think those values make sense? What can you tell about this in relation to the use of sweet potatos and food waste on feed formulation ?"

Figura 31 – Interação de dados com o modelo GPT 3.5 Turbo 16K(2).

```
# Example usage
file_path = 'feed_formula.odt'
inquiry = "Say that I have this feed formulation, mixing soy protein isolate 500g, Barley 250g and
assertion = make_assertions(file_path, inquiry)
print(assertion)
```

If you want to substitute one of the ingredients in your feed formulation for a food waste option while maintaining a broad spectrum of nutrients, one possible option could be vegetable scraps.

Vegetable scraps such as carrot tops, celery leaves, broccoli stalks, and onion peels can provide a range of nutrients including fiber, vitamins, and minerals. These scraps often go to waste in households or food processing facilities, so using them in your feed formulation can help reduce food waste.

To substitute an ingredient with vegetable scraps, you can replace a portion of the soy protein isolate, barley, or corn grain with an equivalent weight of vegetable scraps. For example, you can replace 100 grams of soy protein isolate with 100 grams of vegetable scraps.

By using vegetable scraps as a substitute, you can add diversity and reduce waste while still providing essential nutrients to your animals. However, it's important to ensure that the vegetable scraps are safe and suitable for animal consumption. Avoid using scraps that may be toxic or have strong flavors that animals may reject.

Remember to consult with a professional in animal nutrition to ensure that the substitution maintains the nutritional balance required for your specific animals or livestock.

Fonte: Autor.

Questão 02 - inquiry = "Say that I have this feed formulation, mixing soy protein isolate 500g, Barley 250g and Corn grain 250g, If we desired to maintain the broad spectrum of nutrients but at the same time wanted to substitute one of the ingredients for a food waste option, what could that be ? And would you explain me why ?"

CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO, VIABILIDADE E CONCLUSÃO.

Com o advento da tecnologia que viemos a conhecer como aprendizado em máquina e inteligência artificial, devemos sempre proceder com cuidado, pois nenhuma delas é a solução final para todos os problemas técnico-objetivos ou subjetivos na ciência ou fora dela, porém, nesta questão em particular que acerca o problema de alimentação animal, assim como a escolha de novos nutrientes que possam substituir os antigos e ainda assim proporcionar ao animal uma nutrição de qualidade e um bem estar durante sua vida, essas ferramentas apresentam valor prático, uma vez que visam cessar, ou pelo menos diminuir a aleatoriedade de um sistema complexo, pela definição da matemática e não semântica, como o da agricultura e do sistema de alimentação animal. A ferramenta batizada de F₂HT se mostrou eficiente no que propõe, e chega a resultados robustos do ponto de vista matemático. Serve como auxílio ao profissional da área, pesquisador ou produtor, sempre com a intenção de proporcionar uma melhor utilização dos recursos e melhor direcionamento na seleção de novos componentes para uma melhor formulação e menor agressão ao meio ambiente.

CONCLUSÃO

A tecnologia aplicada as capacidade de produção e desenvolvimento do ser humano devem ser observadas com cautela, pois não devemos de forma alguma nos privar da responsabilidade de decidir por nós mesmos qual cenário é o correto a seguir. As ferramentas neste trabalho apresentadas nada mais são do que sua própria definição: Ferramentas. Assim sendo, devem ser tratadas como tal, apesar de chegarem a resultados sustentados pela precisão matemática dos modelos e da capacidade dos modelos neurais de contextualizar situações subjetivas e complexas e nos fornecer respostas e soluções objetivas, ficam ressalvas sempre a transferência da tomada de decisão. O trabalho tentou apresentar um cenário mundial onde a alimentação animal passa, e se continuarmos a seguir esse caminho e essas projeções aqui apresentadas, passará ainda por crises mais sérias, mudanças na alimentação humana e animal devem ser implementadas se pensamos em manter o planeta e as espécies que aqui habitam saudáveis por mais tempo.

As tecnologias e ferramentas que contam com capacidade neurais artificiais são fundamentais para que possamos navegar sistemas complexos e que não possuem características determinísticas. Faz-se uma ressalva a alguns métodos de análise e conceituações que podem, pegando emprestado o vasto conhecimento de Sir Karl Popper, cair no “problema da indução”, esses percalços e turbulências causadas pelo pensamento filosófico científico devem ser ignorados, pois o que propomos aqui não são soluções diretas e definitivas, mas sim um caminho a percorrer, com o intuito de combinarmos forças com a tecnologia mais avançada que temos acesso no momento, somada a nossa característica humana mais interessante: Criatividade.

REFERÊNCIAS

COFFEY, D.; DAWSON, K.; FERKET, P.; CONNOLLY, A. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. *Journal of Applied Animal Nutrition*, v. 4, e3, 2016. DOI: 10.1017/jan.2015.11. Disponível em: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Acesso em: [09/06/2023 – 22:16:00].

SOLOMONIDES, Anthony E.; KOSKI, Eileen; ATABAKI, Shireen M.; WEINBERG, Scott; MCGREEVEY III, John D.; KANNRY, Joseph L.; PETERSEN, Carolyn; LEHMANN, Christoph U. Defining AMIA's artificial intelligence principles. *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 29, n. 4, p. 585-591, 2022. DOI: 10.1093/jamia/ocac006. Acesso em: [12/06/2023 – 22:16:00].

PINOTTI, L.; GIROMINI, C.; OTTOBONI, M.; TRETOLA, M.; MARCHIS, D. Review: Insects and former foodstuffs for upgrading food waste biomasses/streams to feed ingredients for farm animals. *Animal*, v. 13, n. 7, p. 1365-1375, 2019. DOI: 10.1017/S1751731118003622 Acesso em: [12/06/2023 – 23:46:00]

RAJEH, Caroline; SAOUD, Imad P.; KHARROUBI, Samer; NAALBANDIAN, Salpy; ABIAD, Mohamad G. Food loss and food waste recovery as animal feed: a systematic review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 23, n. 1, p. 161-177, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01102-6> Acesso em: [05/06/2023 – 13:20:00].

Porpino, G., Lourenço, C. E., Araújo, C. M., & Bastos, A. (2018). Intercâmbio Brasil–União Europeia sobre desperdício de alimentos: Relatório final. Brasília: Diálogos Setoriais União Europeia–Brasil. Retrieved from: [<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/perdas-e-desperdicio-de-alimentos>] Acesso em: [13/06/2023 – 15:10:00].

SAN MARTIN, D.; RAMOS, S.; ZUFÍA, J. Valorisation of food waste to produce new raw materials for animal feed. *Food Chemistry*, v. 198, p. 68-74, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/food-chemistry>. Acesso em: [01/06/2023 – 09:03:00].

SPRANGHERS, Thomas; OTTOBONI, Matteo; KLOOTWIJK, Cindy; OVYN, Ann; DEBOOSERE, Stefaan; DE MEULENAER, Bruno; MICHIELS, Joris; EECKHOUT, Mia; DE CLERCQ, Patrick; DE SMET, Stefaan. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of Insect Science*, v. 17, n. 1, art. 10, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309148084_Nutritional_composition_of_black_soldier_fly_Hermetia_illucens_prepupae_reared_on_different_organic_waste_substrates. Acesso em: [04/05/2023 – 06:21:00].

SPRINGMANN, M.; CLARK, M.; MASON-D'CROZ, D.; WIEBE, K.; BODIRSKY, B. L.; LASSALETTA, L.; ...; JONELL, M. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, v. 562, n. 7728, p. 519-525, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0594-0>. Acesso em: [03/05/2023 – 09:44:00].

VAN HUIS, A.; OONINCX, D. G. A. B. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 40, n. 5, 2020. Recuperado de: <https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-849-0> Acesso em: [09/05/2023 – 14:38:00].

HENCHION, Maeve; ZIMMERMANN, Jesko. Animal food products: policy, market and social issues and their influence on demand and supply of meat. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 80, n. 2, p. 252-263, 2021. [doi:10.1017/S0029665120007971](https://doi.org/10.1017/S0029665120007971). Acesso em: [14/05/2023 – 19:02:00].

Food and Agriculture Organization of the United Nations. New food balances. Available on FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> Acesso em: [09/06/2023 – 22:16:00].

COMISSÃO EUROPEIA. Commission Notice (EU) No. 2018/C 133/02 of 16 April 2018. Guidelines for the feed use of food no longer intended for human consumption. *Official Journal C 133/1*, 1-36, 2018. Acesso em: [02/04/2023 – 04:53:00].

FAO. 2019. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf> Acesso em: [03/03/2023 – 15:51:00].