

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LIDINALVA RUFINO DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA EM UMA UNIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE
SERRANÓPOLIS DO IGUAÇU-PR**

MEDIANEIRA

2023

LIDINALVA RUFINO DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA EM UMA UNIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE
SERRANÓPOLIS DO IGUAÇU-PR**

**Mathematical modeling for optimization of agricultural production in an
agricultural unit in the municipality of Serranópolis do Iguaçu-PR.**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Tecnologias
Computacionais Para o Agronegócio da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. André Sandmann.

Coorientadora: Prof^a . Dr^a . Fabiana Costa de
Araujo Schutz.

**MEDIANEIRA
2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



LIDINALVA RUFINO DOS SANTOS

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM UMA UNIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE SERRANÓPOLIS DO IGUAÇU-PR

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologias Computacionais Para O Agronegócio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologias Computacionais Aplicadas À Produção Agrícola E Agroindústria.

Data de aprovação: 07 de Dezembro de 2023

Dr. Andre Sandmann, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Jose Airton Azevedo Dos Santos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Luciana Del Castanhe Peron Da Silva, Doutorado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 07/12/2023.

Dedico este trabalho, aos meus ancestrais, sem eles eu não estaria aqui. Aos meus pais, Percílio Rufino e Maria de Lourdes, razão da minha existência, ao meu irmão, irmãs e sobrinhos. Ao meu companheiro de vida Adelar Valdameri.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. André Sandmann, pelo companheirismo nessa caminhada e por seus ensinamentos.

Ao meu companheiro de vida, Adelar José Valdameri, sem você não teria chegado ao meu objetivo.

Aos meus pais e irmãos por acreditar em mim, sempre me apoiando para que os meus objetivos fossem realizados.

Aos proprietários da unidade de produção agropecuária analisada, vocês foram essenciais para a construção desse trabalho.

Aos professores e colegas de Curso.

A Jaqueline Pereira pela sua contribuição

A todos os que por algum motivo contribuíram de forma direta e indireta para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A programação linear está sendo usada em diferentes setores sendo sua contribuição muito importante para o produtor rural maximizar os resultados técnicos, econômicos e financeiros da sua produção, esse modelo pode ser utilizado para auxiliar no processo produtivo da área rural, pelo motivo que permite a realização de simulações e análise dos cenários onde poderá ser utilizado. Esse trabalho teve por principal objetivo desenvolver e analisar a aplicação da programação linear como uma ferramenta para auxiliar na produção agropecuária e sua importância nas tomadas de decisões no setor produtivo de uma pequena propriedade rural. Através de entrevistas, a abordagem permitiu o levantamento de dados que auxiliaram na análise da unidade produtiva, o Modelo Matemático aplicado contribuiu na elaboração e proposição de alternativas de desenvolvimento pertinentes à realidade onde se pretendeu intervir. A partir do modelo desenvolvido e simulações realizadas com os dados coletados em uma unidade produtora agrícola no município de Serranópolis do Iguaçu, estado do Paraná, pode-se demonstrar que o programa é eficaz na adequação da produção a legislação ambiental vigente, pois proporcionou uma readequação do sistema de produção diminuindo a quantidade de lotes suínos produzidos no ano devido a excesso de fósforo gerado pelo dejetos suíno que iria poluir o solo, dessa maneira apresenta uma menor quantidade de lotes e a suplementação do adubo através da compra de fósforo para que não ultrapasse a quantidade permitida.

PALAVRAS-CHAVE: Programação Linear; Suinocultura; Produção de Grãos.

ABSTRACT

Linear programming is being used in different sectors and its contribution is very important for rural producers to maximize the technical, economic and financial results of their production. This model can be used to assist in the production process in rural areas, for the reason that it allows the realization simulations and analysis of scenarios where it can be used. This work's main objective was to develop and analyze the application of linear programming as a tool to assist in agricultural production and its importance in decision-making in the productive sector of a small rural property. Through interviews, the approach allowed the collection of data that helped in the analysis of the production unit, the applied Mathematical Model contributed to the elaboration and proposition of development alternatives relevant to the reality in which it is intended to intervene. Based on the model developed and simulations carried out with data found in an agricultural production unit in the municipality of Serranópolis do Iguaçu, state of Paraná, it can be demonstrated that the program is effective in adapting production to current environmental legislation, as it provided a readjustment of the production system by controlling the number of pig batches produced in the year due to the excess phosphorus generated by pig manure that would pollute the soil, thus presenting a smaller quantity of batches and fertilizer supplementation through the purchase of phosphorus so that it does not exceed the permitted quantity.

Keywords: Linear Programming, Pig Farming, Grain Production

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fotos da Unidade de Produção Agropecuária	22
Figura 2 – Croqui das instalações da UPA.....	23
Figura 3 – Visão Geral das Instalações.....	23
Figura 4 – Mapa do Município de Serranópolis do Iguaçu	26
Figura 5 – Primeira parte do relatório de solução do software LINGO	29
Figura 6 – Segunda parte do relatório de solução do software LINGO	30
Figura 7 – Simulações sobre os resultados econômicos mensais da UPA	34
Figura 8 – Área da UPA ocupada pelas culturas destinadas à venda.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da otimização do modelo (REA e REM) e da situação atual (observada)	33
Tabela 2 - Número de lotes de suínos e aves nas três situações	36
Tabela 3 - Quantidades de N e P demandados pelas culturas e produzidos na UPA para as duas simulações e situação atual	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LOTEAVE	Lotes Aves
LOTESU	Lotes Suínos
MILHO1	Milho Verão
MILHO2	Milho Inverno
NAST	Nitrogênio Aves
NCOMPRA	Nitrogênio Compra
PAST	Fósforo Aves
PCOMPRA	Fósforo Compra
PVENDAVS	Preço Venda Lote Ave
QNSLA	Nitrogênio Rejeito Suíno
QPSLA	Fósforo Rejeito Suíno
REA	Resultado Econômico Anual
REM	Resultado Econômico Mensal
SAL	Superfície De Área Útil
SOJA	Superfície De Área Soja
SUI	Superfície De Área Útil Inverno
SUV	Superfície De Área Útil Verão
UPA	Unidade de Produção Agrícola
W	Mão-de-obra

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 PROGRAMAÇÃO LINEAR NA AGROPECUÁRIA.....	12
2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA	13
2.2 SUINOCULTURA NO TERRITÓRIO BRASILEIRO	18
2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	20
2.4 PRODUÇÃO DE GRÃOS: SOJA E MILHO	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 DESCRIÇÃO DO MODELO	24
4 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE PESQUISADO.....	26
4.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO	26
4.2 SIMULAÇÕES DO MODELO.....	27
4.2.1 Software Lingo	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1 COMPARAÇÃO DAS SIMULAÇÕES DO MODELO COM A SITUAÇÃO ATUAL. 31	
5.2 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS PELA COMPILAÇÃO DO MODELO 32	
6 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
APÊNDICE A - MODELO	44

1 INTRODUÇÃO

No Brasil as atividades agropecuárias são umas das mais importantes, participando decisivamente na economia brasileira tanto no mercado interno como externo. Na atualidade pequenos, médios e grandes produtores rurais buscam novos recursos com o uso das tecnologias no campo para obterem melhores resultados em suas produções.

Tomada de decisões de forma inteligente são necessárias para o uso de novas ferramentas que vão auxiliar no processo produtivo e aumento de renda, porém se faz necessário entender a complexidade dos novos sistemas de produção e como gerenciar para obter melhores resultados econômicos.

É indiscutível a importância do setor agropecuário para a economia do país. No Paraná a principal atividade desenvolvida comercialmente é a agropecuária, possuindo diversidade nas culturas plantadas, além do grande desenvolvimento de bovinocultura, suinocultura e avicultura (SANDMANN, 2013).

Produtores de pequeno e médio porte sobretudo procuram meio para desenvolver uma produção intensiva, pois gera melhores resultados econômicos com uma necessidade menor de recursos, desde a quantidade de trabalhadores destinados para as diversas atividades como agricultura e pecuária até a menor necessidade de ocupação de terras.

Apesar de apresentar diversos benefícios a produção intensiva possui algumas dificuldades a serem superadas, com a maior produção em uma área útil menor pode surgir impactos ambientais indesejados. Dessa maneira o setor deve se preocupar além de melhorar seus resultados econômicos, se adequar a legislação ambiental vigente para que esse modelo de produção possa se consolidar e continuar a ser utilizado.

Assim a modelagem matemática é uma das ferramentas que auxiliam no planejamento e decisões do produtor rural, os modelos podem ser desenvolvidos por métodos e técnicas matemáticas específicas um exemplo é a Programação Linear onde os produtores rurais estão investindo na produção intensiva e nos recursos tecnológicos, ocasionando a substituição de uma parcela de trabalhadores rurais na produção em detrimento ao uso da tecnologia em suas propriedades.

Para obtenção de um bom resultado nas produções agropecuárias é necessário organização e planejamentos das atividades que serão desenvolvidas na propriedade definindo qual será a atividade principal a ser implantada e que trará melhor lucratividade para o produtor rural, pois as vezes sem as tomadas de decisões, planejamentos e uso de tecnologias para ajudar na organização rural o produtor acaba por ter alguns “prejuízos”.

Ao investir em atividades que acabam não dando o retorno esperado, alguns produtores, não dispõe do conhecimento necessário para planejar de maneira adequada o processo produtivo sozinho de sua área rural para obter resultados econômicos positivos que deseja, portanto o uso de modelos matemáticos que podem auxiliar no desenvolvimento rural e econômico seria um auxílio importante.

Portanto o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um modelo matemático que auxiliasse o planejamento da produção e a tomada de decisão das atividades agropecuárias em uma unidade produtora, podendo contribuir, dessa forma, para melhoria da condição econômica de pequenos produtores rurais.

Utilizou-se para desenvolvimento do modelo matemático o software LINGO 18.0 (*Lindo Systems Inc*, Chicago, EUA), ferramenta que possibilita a execução da modelagem matemática voltada a otimizar processos e produções dentro de uma unidade agropecuária. Para a criação do modelo considerou-se então que uma unidade produtora deveria atingir o melhor resultado econômico adequado com a legislação ambiental vigente.

O modelo foi desenvolvido a partir de uma unidade produtora agropecuária que apresenta como fonte de renda a suinocultura e produção de culturas de soja e milho.

2 PROGRAMAÇÃO LINEAR NA AGROPECUÁRIA

Os setores da agropecuária vêm buscando, na atualidade, o aprimoramento e os conhecimentos tecnológicos para melhorar a sua produção, dessa forma buscam ações que possibilitam otimizar os processos produtivos, evitando prejuízos financeiros, buscando a sustentabilidade ambiental nas áreas rurais por meio de práticas que minimizam possíveis impactos ambientais impactos no ambiente, aliadas a tecnologia na produção com o objetivo de aumentar a produtividade de maneira legalmente correta ou que não traga grandes prejuízos a propriedade.

Para isso, busca-se na programação linear ferramentas que norteiem possíveis soluções à problemas inerentes à produção agropecuária evitando dispêndios econômicos. Assim, é necessário trabalhar para maximizar os resultados econômicos. Alguns produtores esbarram na dúvida sobre quais as melhores culturas para se produzir, desse modo, buscam soluções que otimizem os processos produtivos, diminuam os custos evitando o desperdício (SANDMANN, 2013).

Na Programação Linear, os problemas são formulados matematicamente utilizando equações e inequações do tipo lineares. No âmbito da otimização de processos, a Pesquisa Operacional pode ser definida como uma ciência que aplica métodos científicos a problemas envolvendo o controle de sistemas, fornecendo soluções mais eficientes que maximizam lucros e produções, respeitando as restrições do local em estudo (RIBEIRO e FORTES, 2015).

a) Para Caixeta Filho et al (2011), a técnica de programação linear e seu uso é a mais adequada na pesquisa operacional, devido sua ampla utilização e simplicidade na formulação do modelo matemático e *resoluções* dos problemas, o modelo é constituído por equações e inequações com a função de otimizar o objetivo que é maximizar ou minimizar, levando em consideração e respeitando o conjunto de restrições que são apresentadas.

b) O objetivo da programação linear, seguindo o raciocínio de Batalha (1999) é demonstrar melhor a distribuição dos recursos utilizados na propriedade com o intuito de aumentar os lucros e reduzir custos com a mão de obra, materiais e equipamentos. Moreira (2013), diz que a programação linear é um modelo matemático, que foi criado com o objetivo de resolver problemas variáveis que se relacionam entre si.

c) Para iniciar essas resoluções da programação linear, primeiro é necessário identificar quais são os parâmetros e as variáveis de decisão que estão presente na função objetivo e nas restrições, sendo os parâmetros dos coeficientes representados como valores de grandezas, podendo ser máximas ou mínimas (MOREIRA, 2013).

d) A programação linear consiste nas técnicas de pesquisas operacional envolvendo vários modelos matemáticos de otimização. Com a aplicação dos meios de processamento automático de dados, a Programação Matemática pode examinar inúmeras configurações viáveis do problema proposto pelo tomador de decisão e selecionar, sob certos critérios, as soluções mais adequadas.

Para compreender a importância da Programação Linear aplicada na agricultura é necessário técnicas avançadas de controle e planejamento na atual conjuntura produtiva, principalmente à competitividade no setor agropecuário. O planejamento é realizado com auxílio de tecnologias agrícolas e de informação, assim destacamos a importância da Programação Linear com o objetivo de maximizar ou minimizar os recursos dentro da propriedade (LACHTERMACHER, 2009).

A Programação Linear (PL) caracteriza-se como "uma técnica de otimização voltada para a solução de modelos descritos por equações lineares, beneficiando-se da capacidade crescente de processamento dos computadores" (FARIAS, 2013, p. 9).

2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem matemática pode ser definida como um conjunto de etapas, que tem como objetivo final, fornecer uma descrição matemática de um dado fenômeno do mundo real, essa descrição geralmente é feita utilizando-se de equações, é chamada de modelo matemático podendo ser utilizado em atividades do setor agropecuário em busca de otimizar os resultados da produção na área aplicada, o processo de modelagem matemática é interdisciplinar por natureza, pois utiliza os resultados e os instrumentos de outras áreas como ponto de partida para o seu desenvolvimento, sendo utilizada em diversas áreas.

A modelagem matemática está presente na vida do homem desde os tempos remotos, ao utilizar conhecimentos matemáticos para modelar e resolver situações problemáticas com as quais se deparava. Quando esses conhecimentos se

mostravam insuficientes, a busca de novos objetos e/ou relações matemáticas fazia-se necessário (COSTA e GHEDIN, 2007).

Eis alguns modelos importantes criados pelo homem: a roda inventada pelos sumérios no ano 3000 a.C.; o modelo criado por Eratóstenes (276-196 a.C) para calcular a circunferência da Terra e os modelos criados por Galileu Galilei (1564-1642) para a queda dos corpos e para o movimento parabólico dos projéteis. (COSTA e GHEDIN, 2007).

Sandmann (2013), explica que a utilização da modelagem Matemática para a agropecuária não é algo recente, com o desenvolvimento da Programação Linear na segunda guerra mundial, vários pacotes logísticos e computacionais passaram a ser desenvolvidos para fins agrícolas. Assim podemos entender que a utilização da modelagem matemática em diferentes atividades dentro do setor agropecuário e como esse modelo matemático está sendo utilizado.

Após busca e leitura necessitou-se saber quais são as finalidades e objetivos do uso da modelagem matemática nas atividades agropecuárias. Encontrou-se inúmeros elementos e fatores para seu uso sendo um deles o combate as pragas na agricultura que podem causar danos irreversíveis, sendo assim o controle do ataque de pragas é um aspecto importante na agricultura para a obtenção de safras saudáveis e de alto rendimento. Para Basir *et al* (2019) a conscientização sobre a agricultura também é igualmente importante no manejo de pragas. Campanhas de conscientização são feitas para conscientizar as pessoas sobre os danos causados pela praga e proteger a cultura de pragas, o que acaba levando ao alto rendimento da colheita.

Basir *et al* (2019) propõem o uso de um modelo matemático para estudar o efeito da consciência entre as pessoas no manejo de pragas de cultivo usando biomassa vegetal, pragas e população consciente.

Chaiban et al (2019), com base no censo de 2010, busca investigar a distribuição do padrão de pontos espaciais de granjas extensivas e intensivas na Tailândia. Parametrizou-se modelos de simulação de padrões de pontos para granjas extensivas e intensivas de frango e avaliou-se esses modelos em diferentes partes da Tailândia quanto à sua capacidade de reproduzir o nível correto de agrupamento espacial e as localizações dos agrupamentos de fazendas. O Autor expõe que nível de agrupamento quanto a localização dos agrupamentos pode ser simulada com

razoável precisão pelos modelos de distribuição de fazendas, as granjas intensivas tendiam a ser muito mais agrupadas do que as granjas extensivas, e suas localizações menos facilmente previstas usando fatores espaciais simples, como as populações humanas (CHAIBAN *et al*, 2019).

O trabalho realizado por Chowdhury *et al* (2019), apresenta a formulação e análise de um modelo matemático para o plantio de pinhão-mansinho tendo como objetivo principal controlar as pragas naturais por meio da aplicação de agrotóxicos integrados. Os biopesticidas são caros, requerem um processo de longo prazo e sua aplicação é cara. Mas se os pesticidas químicos forem introduzidos no sistema de cultivo junto com os biopesticidas, o processo será mais rápido e econômico. Ao estudar o controle de pragas usando uma abordagem integrada, ou seja, usando a combinação de biopesticidas e pesticidas químicos é possível a identificação do parâmetro para o qual as mudanças de estabilidade podem ocorrer. O perfil de concentração ideal de ambos os pesticidas foi determinado usando a teoria de controle ideal para minimizar seus efeitos negativos e também para tornar o custo do processo eficaz (CHOWDHURY *et al*, 2019).

Kazemi e Akinci (2018), realizaram um estudo para analisar a adequação do uso da terra da Província de Golestan, localizada no nordeste do Irã, para o desempenho da agricultura de sequeiro usando Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Análise de Tomada de Decisão Multicritério (MCDA) em 2016. De acordo com os resultados da análise de adequação da terra, o desenvolvimento da agricultura de sequeiro é possível para até 56% das terras atuais da Província de Golestan (cerca de 396.550,5 ha) nas áreas sul e centro como um longo cinturão de leste a oeste. Os resultados mostraram que algumas variáveis climáticas como temperatura, precipitação anual e horas de insolação não foram fatores limitantes para a agricultura de sequeiro nesta região (KAZEMI; AKINCI, 2018).

O Estudo de Ziech *et al* (2016), trata-se da modelagem matemática da dinâmica do eixo de um sistema dosador de adubo à taxa variável para semeadoras-adubadoras em aplicações na agricultura de precisão, através da formulação de um modelo matemático capaz de descrever o comportamento do sistema (ZIECH *et al*, 2016).

Moklyachuk *et al* (2016), utilizou-se de um modelo matemático para determinar a quantidade de húmus concentrados em solos de terras agricultáveis,

consequentemente conseguiram avaliar a dinâmica do húmus em solos agrícolas, demonstrando como o nitrogênio é acumulado no solo como componente de matéria orgânica, com essa demonstração foi possível analisar o balanço de nitrogênio no solo e com isso verificar possíveis correções nutricionais (MOKLYACHUK *et al*, 2016).

Bueno *et al* (2017), nesse trabalho apresenta a modelagem matemática de um robô Gantry com acionamento pneumático para aplicação em estufas agrícolas. A agricultura de precisão e a robótica vivenciam na atualidade grandes avanços tecnológicos. Por meio de movimentos variáveis programados para o desempenho de uma variedade de tarefas, um robô Gantry foi desenvolvido para diversas atividades em estufa agrícola como alternativa de baixo custo para o aumento da produtividade, servindo também como plataforma de testes e verificação de modelos matemáticos e de estratégias de controle (BUENO *et al*, 2017)

Goergen *et al* (2018), apresenta a formulação matemática da relação de transmissão cinemática entre o movimento linear de um atuador pneumático e o movimento angular de juntas robóticas de uma bancada para reabilitação física de pacientes com problemas em membros inferiores e superiores. O objetivo é deduzir uma formulação generalizada para quaisquer localizações relativas entre um atuador de deslocamento linear e sua junta rotativa acionada, de simples implementação computacional, e a partir da convenção de uma sequência de etapas e da definição de parâmetros geométricos (GOERGEN *et al*, 2018).

Li *et al* (2017), apresenta o modelo inexato de programação *fuzzy* multi-objetivo (IMOFPP) desenvolvido por eles e utilizado na China, nesse modelo obtiveram os melhores resultados em cenários diferentes em relação aos níveis de economia de água e graus satisfatórios do tomador de decisão (DM) para os recursos disponíveis (LI *et al*, 2017).

Fiori (2018), ao desenvolver a modelagem matemática da dinâmica de uma transmissão mecânica do tipo fuso de esferas de um robô Gantry acionada por motorreductor de corrente alternada com inversor de frequência, considerando-se a não linearidade do atrito e da folga. Construiu-se o protótipo de uma junta do robô Gantry, o qual foi utilizado para fazer a aquisição de dados experimentais e posteriormente validar a modelagem proposta através de simulações computacionais (FIORI; 2018).

Awad (2019), criou um modelo matemático inovador e eficiente para

compensar a ausência de imagens via satélite de alta resolução espacial que será usada como estimativa de precisão do rendimento de culturas. O autor relata que esse modelo realiza o mapeamento da evapotranspiração usando a equação do balanço de energia, resolve a falta de dados de sensoriamento remoto. Com base no novo modelo matemático, foi implementado um sistema inteligente que inclui o uso da equação do balanço energético para melhorar a estimativa do rendimento das culturas. Para a verificação dos resultados do sistema inteligente, foram coletadas informações sobre a produtividade das lavouras. A comparação realizada entre o rendimento estimado de cada colheita e a produção real em diferentes campos comprova a alta precisão do sistema inteligente.

Bueno *et al* (2017), relata que a modelagem matemática está sendo empregada nos modelos hidrodinâmicos que calculam a capacidade de suporte ou de carga de nutrientes de um determinado corpo hídrico e a influência dos cultivos de peixes. Esses modelos são precisos no desenvolvimento de estratégias ideais de alimentação e cálculo de resíduos. Este trabalho aborda esta temática e traz uma descrição da metodologia desenvolvida para análise e simulação da capacidade de suporte para produção de pescados, baseada na integração do modelo bioenergético nutricional “Fish-PrFEQ” com o modelo hidrodinâmico de Dillon e Rigler (BUENO *et al*, 2017).

Segundo Dias *et al* (2020), os sistemas prediais de água não potável podem ser do tipo descentralizado individual, descentralizado em grupo ou centralizado. Não há consenso sobre qual deles é o mais eficiente, uma vez que tanto os sistemas centralizados como os descentralizados possuem particularidades que os tornam interessantes ou não em aspectos sociais, econômicos e ambientais. O autor busca desenvolver a formulação de um modelo matemático para a tomada de decisão quanto ao tipo de sistema de água não potável e comparar os sistemas descentralizados com o sistema centralizado no período de 20 anos, com e sem o efeito escala.

Dias *et al* (2020) desenvolveu o modelo com base em uma abordagem matemática determinística, conhecida na literatura como programação inteira. Os diferenciais desse modelo é que ele permite determinar o custo total acumulado, o custo ao longo da vida útil e a quantidade de sistemas para atender a uma demanda específica.

Stankevich *et al* (2016), realizaram um trabalho sobre a modelagem geoespacial onde as pesquisas devem ser direcionadas ao desenvolvimento de tecnologias de geoinformação para o mapeamento remoto de mudanças de paisagens. A transição para sistemas agrícolas adaptativos implica o alcance da rotação de culturas, sistemas de manejo de conservação do solo e as pesquisas são conduzidas sobre a criação de sistemas adaptativos de produção agrícola levam em consideração as peculiaridades ambientais, paisagísticas e geoquímicas.

2.2 SUINOCULTURA NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

A tempos remotos a carne de porco é uma das alimentações mais consumidas no Brasil, os porcos chegaram no território brasileiro por volta de 1532, trazidos por Martin Afonso de Souza com a finalidade de abastecer as famílias com a carne e banha, essa que tinha uma importante função a conservação da própria carne depois de frita. O Brasil na atualidade é um dos maiores produtores de suínos, em 2020 ocupou a terceira posição mundial com 41 milhões de cabeças, ou seja, 4,4% do total mundial, de toda a carne produzida, 19% são exportadas para 90 países e 81% abastecem o mercado interno.

O país destaque em primeiro lugar na produção é a China com 41,1% do rebanho mundial, seguido pelos Estados Unidos com 8,4% da produção. Sobre às exportações de carne suína, em 2020 a Alemanha e os Estados Unidos lideraram com participações acima de 15% do total cada país. O Brasil foi o 7º lugar em 2020 e o 8º nas duas últimas décadas, com participação abaixo de 5%. (EMBRAPA, 2020).

Segundo pesquisa de Roppa (2002 apud DI CAMPOS, 2010, p. 18), o Brasil é detentor do terceiro maior rebanho mundial de suínos com números superiores a 32 milhões de unidades, suplantado unicamente pelos Estados Unidos da América e pela China, os quais apresentam 60 milhões e 460 milhões de animais, respectivamente. O estado do Paraná é responsável por 21,78% de carne suína produzida no território brasileiro. Mas a aceleração na produção de suínos, acarreta alguns problemas, sendo um deles a geração de dejetos, necessitando de tratamento de maneira ambientalmente legal diminuindo gradativamente os poluentes na natureza.

A suinocultura é uma atividade econômica que ganhou destaque na produção agropecuária brasileira, mas a produção de efluentes também aumentou, elevando o

nível de poluição no solo, água e ar, a importância ambiental, econômica e sanitária do tratamento dos dejetos na produção de suínos, a tecnologia da biodigestão anaeróbia aplicada neste tratamento através da adoção da biodigestão anaeróbia mostra-se como uma alternativa eficaz para o tratamento dos dejetos produzidos na unidade agropecuária. O uso de biodigestores promove um ambiente com condições anaeróbias que possibilita o desenvolvimento de bactérias hidrolíticas, acidogênicas, acetogênicas e metanogênicas que promovem a degradação da matéria orgânica e a reciclagem de nutrientes culminando na geração de subprodutos de valor agregado: biogás e biofertilizante, com desdobramentos ambientais, sanitários, econômicos e sociais positivos.

A suinocultura por ser uma atividade econômica de destaque no agronegócio brasileiro, vem crescendo ao longo do tempo, tornando-se cada vez tecnificadas, permitindo aumentar a produção em espaços cada vez menores. Entretanto estas mudanças concentraram volumes crescentes de dejetos de suínos em pequenas áreas (DUDA; OLIVEIRA, 2011). Essa concentração de dejetos oriundos da suinocultura, mesmo em pequenos espaços possui um grande potencial poluidor apresentando riscos sanitários. A decomposição sem manejo correto dos dejetos suínos, geram fortes odores atraindo vetores de doenças, substâncias a exemplo do metano (CH_4), gás carbônico (CO_2) e compostos nitrogenados (amônia, gases amônio, óxido nitroso e nitrogênio), que contribuem para a intensificação do efeito estufa são liberados para a atmosfera (DIAS et al., 2013; ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2016).

A forma de tratamento dos dejetos suínos é através da biodigestão anaeróbia por causar a redução de sua carga de poluentes (nutrientes, matéria orgânica, patógenos). Ela consiste em um processo natural e controlado, que ocorre na ausência de oxigênio, no qual micro-organismos anaeróbios degradam a matéria orgânica transformando-a, principalmente, em biogás e biofertilizante (ABREU, 2007; KLEINSTEUBER, 2014).

Baseado no potencial da biodigestão e visando explorar do ponto de vista ambiental e econômico os subprodutos gerados, foram desenvolvidos os biodigestores. Estes são equipamentos que oferecem condições ambientais propícias para o crescimento e manutenção de comunidades microbianas anaeróbias (AQUINO et al., 2014). Assim sendo, a partir desta tecnologia, é possível utilizar o biogás que

consiste em um biocombustível com potencial para a geração de energia térmica e elétrica e o biofertilizante, este, rico em matéria orgânica previamente estabilizada, livre de patógenos e que funciona como melhorador de estruturas do solo, podendo, assim, ser aplicado na agricultura (RODRIGUEZ-VERDE, I.; REGUEIRO, L.; CARBALLA, M.; HOSPIDO, A.; LEMA, J. M, 2014). A tecnologia da biodigestão anaeróbia simboliza uma alternativa favorável na solução de um dos maiores problemas enfrentados pelos suinocultores, que é a contaminação ambiental da atividade.

2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Os dejetos produzidos pelos suínos apresentam diferentes maneiras de poluição no meio ambiente, especialmente em razão de suas características químicas que contém elementos em quantidades potencialmente causadoras de diferentes danos ambientais.

Os dejetos suínos em sua grande maioria são utilizados na adubação de lavouras, por conter grandes quantidades de nutrientes. Porém esta ação é realizada, geralmente, de forma inadequada, sem o devido tratamento (MOTTERAN; PEREIRA; CAMPOS, 2013).

A criação de suínos gera resíduos altamente poluidores que causam degradação no meio ambiente, se instalados próximos a rios polui a água e prejudica o desenvolvimento da vida aquática, para amenizar esses impactos faz-se necessário adequar os sistemas de manejo dos dejetos a legislação ambiental vigente. Os dejetos de suínos são 100 vezes mais poluentes que o esgoto urbano e representam grande problema ambiental, por serem altamente poluidores, no Brasil e na Europa (KONZEN, 1980; DOURMAD *et al.*, 1999; VAN DER PEET-SCHWERING *et al.*, 1999). OLIVEIRA (1994).

De acordo com Palhares (2008), algumas formas de poluição em áreas com intensa criação de animais são: acúmulo de matérias orgânicas em decomposição, provocando morte de peixes e de outros organismos aquáticos, contaminação dos lenções subterrâneos e do solo por patógenos. Os rejeitos animais são grandes poluentes do meio ambiente, principalmente quando a criação é praticada de forma intensiva, assim a forma de descarte dos rejeitos, tornou-se o centro das discussões

dentro da cadeia produtiva, saindo do âmbito nacional para o internacional (RIBEIRO *et al.*, 2007).

Os rejeitos animais devem ser descartados seguindo as normas do sistema de gestão ambiental, nos seus processos de produção é correto adotar a sustentabilidade, assim evitando os impactos ambientais. No Brasil, as leis, decretos e portarias regularizam o uso de efluentes gerados da produção animal, esses devem estar dentro das normas ambientais para serem utilizados como adubos ou descartados em corpos de água (PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO, 2009).

2.4 PRODUÇÃO DE GRÃOS: SOJA E MILHO

Atualmente o Brasil responde por 50% do mercado de soja e alcançou, em 2020, o posto de segundo exportador de milho, estudos realizados pela Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (Sire) da Embrapa, sobre as exportações realizadas pelo Brasil nas últimas duas décadas, demonstra que o Brasil alcançou posições importantes no mercado internacional.

Nos anos de 2019 e 2020 a produção de soja no Brasil foi de 124.844,5 mil toneladas de grãos em uma área plantada de 36.949,8 mil hectares, correspondendo a uma produção média de 3.374kg/ha, para a safra de 2021 a expectativa é de 133,8milhões de toneladas, com produção de 3.497kg/há (CONAB, 2021). Essa produção recorde só é possível devido a fertilidade do solo, aplicação dos nutrientes necessários são fatores importantes e fazem a diferença na produção final e qualidade dos grãos.

O país é o quarto maior produtor de grãos do mundo, podemos destacar a soja, milho e trigo, ficando atrás da China, Estados Unidos e Índia, sendo responsável por 7,8% da produção mundial. Em 2020, produziu 239 milhões de toneladas e exportou 123 milhões de toneladas de grãos. (EMBRAPA; 2020). Em 2020 o Brasil ocupou o terceiro lugar no mundo com a produção de milho, foram 10 milhões de toneladas que corresponde a 8,2%, os Estados Unidos e China ocuparam os primeiros lugares na produção mundial.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado por meio de um estudo de campo, levando em consideração uma abordagem quantitativa, com o objetivo de demonstrar de que forma a programação linear poderá auxiliar na produção agropecuária.

A pesquisa de campo foi a melhor forma encontrada para iniciar-se o estudo, buscando vivenciar na propriedade rural a realidade diária do trabalho árduo. O método utilizado na pesquisa foi a programação linear (SANDMANN, 2013), com o objetivo de buscar um modelo que minimize o custo da produção de uma propriedade rural de pequeno porte.

Foi realizada uma coleta de dados por meio de um questionário com perguntas objetivas ao responsável pelo manejo da propriedade, com o objetivo de coletar dados necessários ensejando-se à criação de um modelo de programação linear representativo de uma unidade de produção agropecuária (UPA) de médio porte, com o objetivo de maximizar os lucros oriundos da produção rural de maneira sustentável e dentro das normas da legislação ambiental.

No mês de agosto de 2023, foi o período que foram realizadas as coletas de dados na propriedade. A unidade de Produção Agropecuária escolhida conta com 9 hectares de área de cultivo agrícola, situado no município de Serranópolis do Iguaçu – Paraná; adjacente ao Parque Nacional do Iguaçu. As figuras 1A e 1B apresentam imagens das pocilgas da UPA.

Figura 1 – Fotos da Unidade de Produção Agropecuária

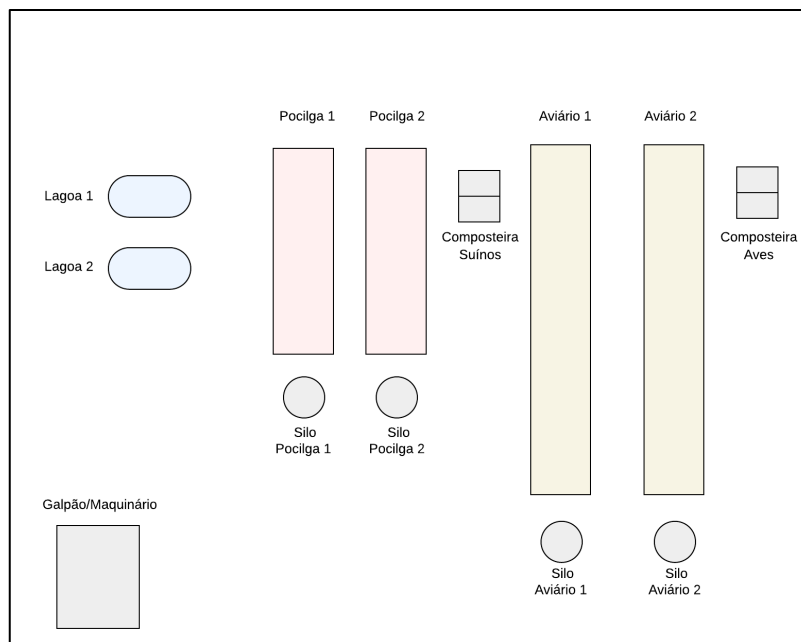


Fonte: Autoria própria (2023).

A agricultura na propriedade é desenvolvida a partir do cultivo de soja e milho, além da pecuária conta com a atividade suinícola, que conta com duas pocilgas uma de 792 m² e outra com 870 m². Parte dos efluentes gerados é utilizada na própria

propriedade para adubação das terras de plantio de soja e milho. A figura 2 apresenta o croqui das instalações da UPA.

Figura 2 – Croqui das instalações da UPA.



Fonte: Autoria própria (2023).

A UPA analisada desenvolve avicultura de corte, contando com 2 aviários com capacidade máxima de 36.614 aves, a figura 3 apresenta uma visão geral das instalações.

Figura 3 – Visão Geral das Instalações



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a pesquisa de campo e o recolhimento dos dados, foi desenvolvido um modelo matemático de programação linear, elaborado no software LINGO 18.0 (Lindo Systems Inc, Chicago, EUA), uma ferramenta que oportuniza a aplicação da modelagem matemática para a otimização da agropecuária ao se considerar os

seguintes fatores: o aumento na produtividade, visando maior lucratividade e a adequação de uma Unidade de Produção Agropecuária (UPA) à legislação ambiental vigente.

3.1 DESCRIÇÃO DO MODELO

Para Sandmann e Barros (2010), o software (LINGO) utilizado pode se tornar uma ótima ferramenta para otimizar problemas matemática voltados ao agronegócio, isto é possível pois a funcionalização do programa é relativamente simples e ao compilar o modelo é possível obter o resultado ótimo de uma função-objetivo e de diversas variáveis.

No modelo descrito a função-objetivo é a função (01), onde tem por objetivo maximizar o resultado econômico anual da SAU – superfície de área útil -, esta equação está relacionada com as demais restrições do sistema. A Equação (02) por sua vez representa a função objetivo 1, a qual está ligada a função do rendimento para cada mês da unidade produtora, sendo esta foi formada de maneira que apresente meses de negatividade de renda.

Função Objetiva 1 \rightarrow $MAX = REA$ 01
 $[REANUAL] REA \leq RJAN + RFEV + RMAR + RABR + RMAI + RJUN + RJUL + RAGO + RSET + ROUT + RNOV + RDEZ;$ 02

As Equações 03 e 04 representam a distribuição dos nutrientes N e P para as culturas agrícolas (produção de carboidratos inseridos no modelo). A partir dessas equações o modelo consegue redimensionar a produção de rejeitos (efluentes da avicultura e suinocultura), de modo a atender a legislação ambiental vigente; que remete ao uso de todos os rejeitos na própria unidade produtora ou a sua comercialização.

$[PLANTIUVERAOP] \quad NECESSOJAP*SOJA + NECESMILHOP1*MILHO1 + NECESCEP*CE + NECESPOTN*POT + NECESSORP*SOR + NECESSILP1*SIL1 + NECESCANAP*CANA + NECESMILHOP2*MILHO2 + NECESSILP2*SIL2 + NECESAVP*AV \geq PMAX;$ 03

$[PLANTIUVERAON] \quad NECESSOJAN*SOJA + NECESMILHON1*MILHO1 + NECESNEN*CE + NECESPOTN*POT + NECESSORN*SOR + NECESSILN1*SIL1 + NECESCANAN*CANA + NECESMILHON2*MILHO2 + NECESSILN2*SIL2 + NECESAVN*AV \geq NMAX;$ 04

Para os dados de entrada e restrições, foram utilizados os dados de produção de

suínos, milho e soja, necessidade de fósforo para as culturas, além dos custos de manutenção, mão de obra utilizada na propriedade e a superfície de área útil agricultável.

Dessa maneira, as equações 15, 16, 17 apresentam os dados de entrada da venda da soja em reais/hectare, o custo de manutenção da soja em reais/hectare e a necessidade de fósforo em kg/hectare respectivamente. A Equação 19 apresenta a restrição do plantio da semente a partir da quantidade de superfície de área útil da propriedade. Equações semelhantes foram desenvolvidas para a produção do milho, alterando os valores de venda, custo de manutenção e necessidade de fósforo.

[VENDASOJA] VSOJA = 11.025,00;	14
[CUSTOSOJA] CSOJA = 4900;	16
[ADUBOFOSFOROSOJA] PSOJA = 50;	17
[AREAPLANTIOSOJA] SOJA + MILHO <= SAU;	19

Para a produção de suíno foram realizadas equações com dados de entrada - Equação 21, 22, além de o preço de venda – Equação 23, o total de fósforo produzido pelo dejetos suíno – Equação 24, e a quantidade de lotes – Equação 25 – onde foi adicionado a opção de programar fazer ou não o lote a partir do melhor resultado econômico.

[QNTSUINO] SUINO = 900;	21
[MAODEOBRASUINO] MOSUINO = 1500;	22
[VENDASUINO] VSUINO = 38 * SUINO;	23
[DEJETOSUINO] TOTALPSUINO = 800 * TOTALSUINO * 0.000243;	24
[LOTETOTAL] LOTE = LOTE1A + LOTE1B + LOTE2A + LOTE2B + LOTE3A + LOTE3B;	25

4 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE PESQUISADO

Nesse tópico serão apresentados os resultados das simulações, comparando-os com os valores atuais – os resultados que a UPA apresenta conforme a prática desenvolvida pelo agricultor. Buscou-se traduzir os principais elementos das simulações, ensejando-se a conscientização para futuros problemas ambientais.

4.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO

A UPA, está localizada no Município de Serranópolis do Iguaçu no Extremo Oeste do Estado do Paraná, sendo resultado da união de dois Distritos Administrativos que foram desmembrados do Município de Medianeira, sendo eles Flor da Serra e Jardinópolis, a junção, somada ao Parque Nacional do Iguaçu, deu origem ao nome de Serranópolis do Iguaçu.

A Emancipação Política Administrativa de Serranópolis do Iguaçu, consolidou-se no dia 1º de janeiro de 1997, com a primeira legislatura. O município foi colonizado a princípio exclusivamente pelos gaúchos e catarinenses, mais tarde passou a receber as migrações do norte do Estado do Paraná, ocorrendo uma miscigenação étnica, porém predominando os descendentes de italianos e alemães até os dias atuais. A base econômica do município é caracterizada pela agropecuária, sendo a agricultura a principal fonte de renda do município. Conforme a figura 4, o município limita-se ao sul com o município de Capanema e com o país Argentina, ao norte com o município de Medianeira, ao leste com Matelândia e a oeste com São Miguel do Iguaçu.

Figura 4 – Mapa do Município de Serranópolis do Iguaçu



Fonte: IPARDES Base Cartográfica ITCG (2010).

4.2 SIMULAÇÕES DO MODELO

Para a construção do modelo de otimização é necessário seguir alguns procedimentos (MOREIRA, 2010). Em primeiro momento é necessário realizar a identificação das variáveis relevantes, para então formular a função objetiva e as restrições. Para isso foi realizada coleta dos dados por meio de questionários (APÊNDICE A) aplicados ao produtor rural e sua filha durante as entrevistas e visitas feitas na propriedade.

O modelo utilizado na presente dissertação é uma adaptação de Sandmann (2013), no presente trabalho, além de ajustes zootécnicos, financeiros, a principal mudança foi a ausência de bovinocultura, tanto de corte, quanto leiteira.

Para a interpretação dos dados foi utilizado o *Software Excel*, onde foram criadas tabelas para dispor os dados, facilitando o desenvolvimento da identificação das variáveis relevantes, da formulação da função objetiva e da formulação das restrições.

Foi realizada a organização das principais características desta unidade de produção, assim como a estrutura de custos dos principais sistemas de produção da UPA piloto. Para tanto, foram considerados os condicionantes técnicos e financeiros das atividades desenvolvidas como custos para a manutenção da cadeia produtiva de proteína animal; a exploração das culturas agrícolas, levando-se em consideração valores agregados a sementes, insumos, entre outros.

Para compor o modelo, foram levantadas a partir da literatura e dos dados coletados nas entrevistas um quadro representativo das relações e das restrições das atividades praticadas na UPA, disponível no Apêndice A. Esse visou mostrar também as principais ligações entre as categorias da cadeia produtiva da unidade piloto, como por exemplo, geração de resíduos, atividade desenvolvida e necessidade de mão de obra. Com a criação do modelo base, foram compiladas sub-rotinas visando o alcance do sistema produtivo que mais se adapta a unidade agropecuária analisada.

Realizados tais procedimentos houve a necessidade de aplicar e resolver o modelo matemático. Para isso, foi necessário escolher algum método de solução, como pacotes computacionais ou ferramentas de programação. O modelo matemático de otimização desta pesquisa ocorreu pelo processamento com o uso do *software LINGO*.

Em seguida, avaliou-se o resultado e realizou-se uma verificação para conferir se o modelo era condizente com a proposta inicial. O objetivo dessa validação é garantir um nível de confiança aceitável. Para Sandmann e Barros (2010), a variação entre o modelo e o sistema real observado tem que ser inferior a 20%. Por fim, sugere-se a implementação da solução na prática, transformando os resultados do modelo em decisões.

Portando, o resultado do modelo foi avaliado e verificado se condizia com a realidade, podendo assim o agricultor implementar e programar em sua propriedade e verificar os resultados na prática.

4.2.1 Software Lingo

O *LINGO*¹ 18.0, (*Lindo Systems Inc*, Chicago, EUA), é uma ferramenta abrangente projetada para tornar a construção e resolução de modelos lineares e não lineares de forma mais rápida e mais eficaz. A linguagem de modelagem do *LINGO* permite expressar modelos de maneira intuitiva e direta, usando somatórios e variáveis subscritas, como faria com lápis e papel (*LINDO SYSTEMS INC.*, 2019).

O *LINGO* permite criar modelos que extraem informações diretamente de bancos de dados e planilhas. Da mesma forma, pode enviar informações da solução diretamente para um banco de dados ou planilha, facilitando a geração de relatórios no aplicativo escolhido (*LINDO SYSTEMS INC.*, 2019).

Segundo Sandmann e Barros (2010), o software *LINGO* pode ser uma excelente ferramenta para a otimização Matemática voltada ao agronegócio, pois, depois de compilar o modelo, o software mostra um relatório de solução, na qual se encontra o resultado ótimo da função-objetiva e o número de variáveis, junto a respostas apresentadas em três colunas. Na primeira consta os nomes das variáveis (“Variable”) e cujos valores se encontram na coluna central (“Value”). A última coluna é denominada “Reduced Cost” para cada variável do problema (Figura 5).

¹ Este software pode ser baixado no site: <https://www.lindo.com/index.php/ls-downloads/try-lingo>

Figura 5 – Primeira parte do relatório de solução do software LINGO

```
MAX= REA;  
  
!DADOS DE ENTRADA;  
  
!PRODUTOS E INSUMOS;  
  
R      >= 0;  
RACAN  >= 0;  
REA     >= 0;  
REANUAL >= 0;  
SIL= SIL1+SIL2;  
SIL1>=0;  
SIL2>=0;  
MILHO = MILHO1 + MILHO2;  
MILHO1>=0;  
MILHO2>=0;  
@FREE (REM) ;  
VL=0;  
  
!REBANHO LEITERO;
```

Fonte: Software LINGO, 2023

Na segunda parte do relatório, como mostra na Figura 6, na coluna à esquerda (“Row”), são apresentados nomes, desde que tenham sido atribuídos, ou seja, destacados entre colchetes ou número de linhas do programa. O “Slack” ou “Surplus”, na coluna central, indica o excesso ou folga em restrições. A coluna à direita, designada “Dual Price”, pode ser compreendida como a quantia pela qual a função objetiva melhoraria/pioraria, quando o lado direito das restrições é aumentado ou diminuído em uma unidade (SANDMANN; BARROS, 2010).

Figura 6 – Segunda parte do relatório de solução do software LINGO

Solution Report - LINGO2		
Rows=	371	Vars= 483 No. integer vars= 14
Nonlinear rows=	192	Nonlinear vars= 62 Nonlinear constraints= 192
Nonzeros=	2671	Constraint nonz= 2653 Density=0.015
No. < :	205	No. =: 94 No. > : 71, Obj=MAX Single cols= 20
<p>** WARNING ** Problem is poorly scaled. The units of the rows and variables should be changed so the coefficients cover a much smaller range.</p>		
Optimal solution found at step:	11947	
Objective value:	407260.2	
Branch count:	4	
Variable	Value	Reduced Cost
REA	407260.2	0.0000000
R	0.1612231E-04	0.0000000
RACAN	0.1612231E-04	0.0000000
REANUAL	407260.2	0.0000000
SIL	0.2016878E-10	0.0000000
SIL1	0.4427363E-25	0.0000000
SIL2	0.2016878E-10	0.0000000
MILHO	9.0000000	0.0000000
MILHO1	0.0000000	0.0000000
MILHO2	9.0000000	0.0000000
REM	-5674.750	0.0000000
VL	0.0000000	0.0000000
PT.	2.1500000	0.0000000

Fonte: Software LINGO, 2023

Os dados em relação às quantidades de nutrientes N e P, utilizadas nas culturas agrícolas foram extraídas de Sandmann (2013) e Coelho e França (1995); desse modo pode-se estabelecer restrições para a produção de rejeitos dos rebanhos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo matemático, foi realizado como os procedimentos descritos acima, os resultados obtidos ao término das simulações realizadas no LINGO, possibilitou a implementação de uma proposta para o produtor rural que tem como objetivo principal, uma redução significativa no custo de produção na propriedade, levando em consideração a adequação da UPA junto a legislação ambiental vigente, por consequência viabiliza a inserção de um melhor gerenciamento nos custos da mesma.

A partir dessa análise realizada, foi possível identificar a necessidade da implantação de novas organizações de trabalho; seguindo as recomendações feitas pelo LINGO, é necessário que as formulações de trabalho na propriedade sofram algumas alterações.

5.1 COMPARAÇÃO DAS SIMULAÇÕES DO MODELO COM A SITUAÇÃO ATUAL.

Utilizando dos dados coletados durante as entrevistas com o produtor rural, referente as restrições econômicas e financeiras, realizou o cálculo dos rendimentos atuais da UPA, com o resultado do valor médio ao ano de R\$ 405.032,40 e mensal de R\$ 33.752,70, destacamos que os gastos referentes a infraestrutura não foram inseridos nos cálculos.

Ao utilizar o modelo matemático desenvolvido, obtivemos um resultado por ano de R\$ 354.403,30, ao contrastar esse valor com o adquirido atualmente, podemos verificar uma diferença de 12,50% para menos. SANDMANN e BARROS (2010), ao realizarem um modelo em uma UPA de pequeno porte, também chegaram a esse valor.

A discordância entre os resultados obtidos no modelo e a situação vigente, se dá pela desigualdade na distribuição e organização das culturas. O proprietário cultiva, no período do verão, toda a sua área que corresponde a nove hequitates (9 hc), em soja e no inverno planta toda esta mesma área em milho, ou seja, o proprietário não planta o milho de verão. Já o modelo distribuiu a terra de forma diferente, devido ao excesso de N e P com a produção de 3 lotes de suínos.ano⁻¹, e pelo fato de o modelo assumir apenas valores inteiros para lotes de aves e suínos, verifica-se a sobra de SAL no verão e no inverno.

Devido a produção dos dejetos oriundos das atividades agropecuárias o modelo realizou essa distribuição, por buscar utilizar no máximo os subprodutos gerados na UPA e os produtos em si, como os grãos considerando os preços de mercado. Para que possa ter um controle das doenças, pragas e aproveitar os nutrientes oriundos do solo faz-se necessário trabalhar com a rotação das culturas na propriedade.

5.2 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS PELA COMPILAÇÃO DO MODELO

A função objetiva da primeira simulação realizada buscou maximizar o resultado econômico anual (REA), o que forneceu um resultado econômico anual maior, tanto sobre a segunda simulação (REM), quanto sobre o sistema atual. Na segunda simulação, a função objetiva buscou maximizar o resultado econômico mensal mínimo (REM), o que possibilitaria garantir, ao longo do ano, uma renda mensal estável. Pode-se verificar na simulação REM uma variação mensal de renda devido ao alto valor agregado ao custeio e a venda de determinadas culturas em período específico do ano. A possibilidade de estabilidade de renda mensal equacionada no modelo é aplicada a agricultores descapitalizados (com limitações de capital circulante), o que não se aplica ao agricultor da UPA analisada.

As simulações são apresentadas na Tabela 1 na qual se verificam as principais diferenças entre as simulações e a situação atual. Pode-se observar que, de uma maneira geral, os sistemas de produção indicados pelas simulações diferem entre si e em relação ao sistema atual. O resultado econômico em MAX = REA foi de (R\$ 676.478,70) em MAX = REM foi (R\$ 414.912,60) e na situação atual (R\$ 405.032,40).

Na primeira simulação em que se maximizou o resultado econômico anual (REA), obteve-se melhor resultado financeiro tanto em relação ao obtido pelo REM como pelo observado na UPA. Isto aconteceu pela melhor distribuição das condições de contorno que envolveu a produção agropecuária, isto é, pela distribuição das atividades pecuárias, que assim como no sistema atual, foi possível realizar todos os lotes de suínos e aves durante o ano, e pela otimização no uso da superfície da área útil, que foi maior do que nas demais simulações. Isso se deve ao fato que a superfície

de área útil arrendada ficou livre, podendo o modelo escolher a quantidade necessária para ter a maximização do resultado econômico.

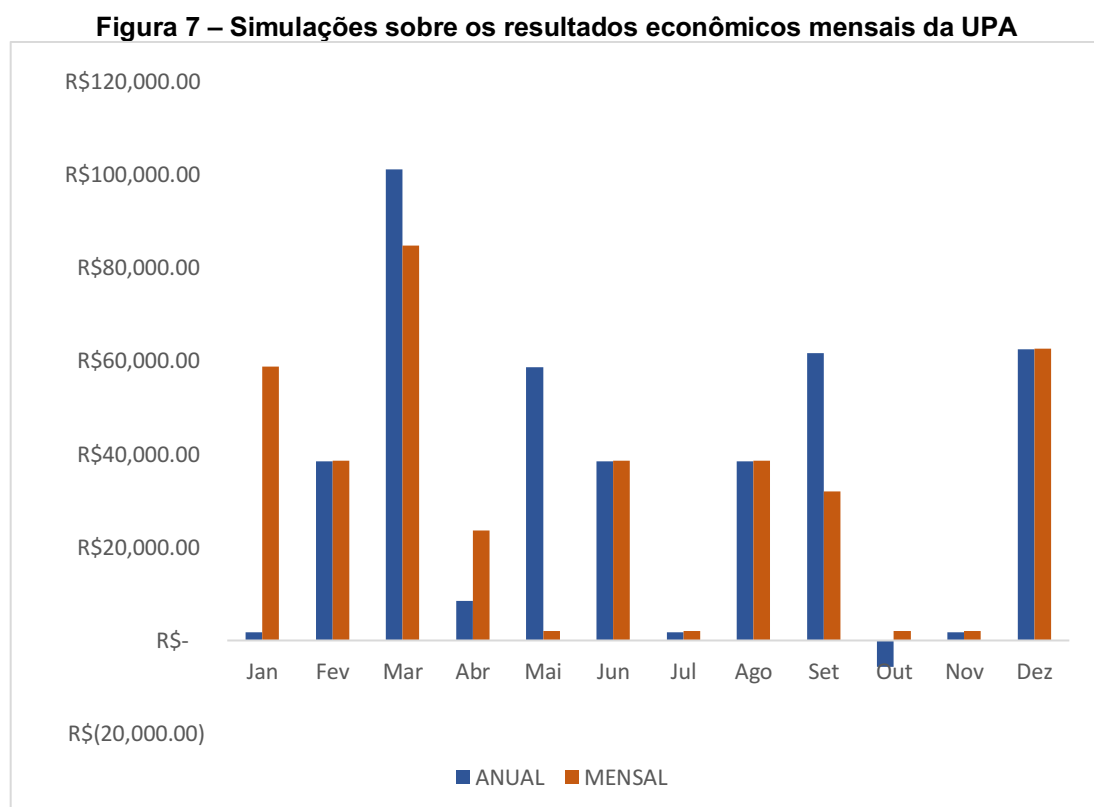
Tabela 1 – Resultados da otimização do modelo (REA e REM) e da situação atual (observada)

Variável	Descrição	Unidade	Modelo (REA)	Modelo (REM)	Situação observada
REA	Resultado econômico anual	Reais	R\$ 407.260,16	R\$ 385.600,41	R\$ 405.032,40
SAUV	Área disponível utilizado verão	Hectare	9	9	9
SAUI	Área disponível utilizado inverno	Hectare	9	9	9
SOJA	Quant. Hectare plantio de soja	Hectare	9	6,52	9
MILHO 1	Quant. Hectare plantio de milho verão	Hectare	0	1,4	0
MILHO 2	Quant. Hectare plantio de milho inverno	Hectare	9	4,5	9
LOTESUINO	Quant. Lote suíno anual	Unidade	1	1	3
VENDALOTESU	Rendimento anual lote suíno	Reais	R\$ 56.800,00	R\$ 56.800,00	R\$ 170.400,00
DEJSUINO	Quant. Total dejetos suíno	m ³	1.496.000	1.496.000	4.488.000
LOTEAVE	Quant. Lote ave anual	Unidade	6	6	6
VENDAAVE	Rendimento anual lote aves	Reais	R\$ 219.648,00	R\$ 219.648,00	R\$ 219.648,00
DEJAVUSO	Quant. Dejetos ave uso lavoura	Tonelada	0	0	0
DEJAVV	Quant. Dejetos ave venda	Tonelada	240	240	240
VESTRV	Valor total em toneladas de dejetos vendidos	Reais	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00
NMAX	Nitrogênio categorias	duas Kg	1.246,40	1.246,40	3.739,20
NITRO	Nitrogênio Absorvido	Kg	1.359,03	1.802,22	1.350,00
PMAX	Fósforo categorias	duas Kg	597,64	597,64	1.792,92
FOSFORO 1+ FOSFORO 2	Fósforo Absorvido	Kg	597,66	596,62	603,00

Fonte: Autoria própria (2023)

Pode-se observar na Tabela 1, que ao compilar a função objetiva 1, a UPA tem condição de utilizar no REA uma área de 9 no verão e 9 no inverno, isto é, há uma sobra de terra, devido a quantidade de lotes de suínos que o modelo sugere desenvolver. No REM algo similar acontece, a não utilização da superfície de área útil total.

Para compreender melhor os resultados obtidos do REA a partir da simulação do programa, o Gráfico da figura 7 apresenta os dados do resultado econômico de cada mês do ano, este podendo apresentar valores de negatividade onde o produtor não teve lucro, que é o resultado econômico mínimo mensal (REM).



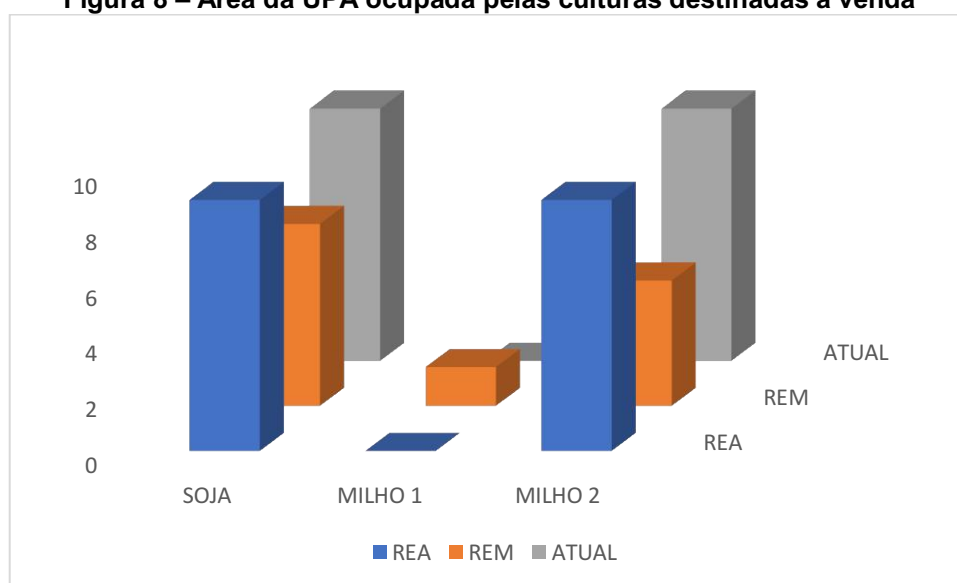
Fonte: Autoria própria (2023)

Verifica-se na figura 7, que o REA se destaca em relação ao REM; tal fato se dá pela não necessidade de estabilidade de renda mensal, oportunizando uma melhor distribuição dos recursos. Os meses de maior resultado econômico são os de maio e setembro para o REA, devido à venda de sementes.

Na figura 7, verifica-se um resultado econômico mensal da simulação do REA maior do que em relação ao REM, nos meses de março e setembro – no mês de

março: a MAX=REA foi de R\$ 101.036,30, e a MAX-REM foi de R\$ 84.770,96; no mês de dezembro a MAX=REA foi de R\$ 62.425,26, e a MAX=REM foi de R\$ 62.614,00 – isso deve-se a maior quantidade de terra cultivada no REA. Nos demais meses o resultado econômico foi próximo pelo fato de o agricultor possuir em sua propriedade atividades com períodos de venda bimestrais e quadrimestrais; caso ele possuísse atividades com renda mensal, como por exemplo a atividade leiteira, possivelmente a diferença no resultado econômico desses meses seria maior, o que se pode observar em Silva Neto e Oliveira (2007).

Figura 8 – Área da UPA ocupada pelas culturas destinadas à venda



Fonte: Autoria própria (2023).

Na figura 8, verifica-se a na simulação do REM a utilização da SAU da estação quente de 7,92 ha com o plantio de soja. Na estação fria é utilizado 4,5 ha para o plantio de milho. Na simulação do REA observa-se a utilização de 9 ha para o plantio de soja na estação quente; e 9 ha para o plantio de milho na estação fria, totalizando uma área cultivada de 9 ha em cada estação.

Atualmente, a área de 9 ha, está sendo cultivada em quase sua totalidade com as seguintes culturas; a soja é cultivada na estação quente e milho na estação fria. Trabalhar com a rotação das culturas é uma das melhores opções, devido que ocorre a melhor fixação dos nutrientes no solo e um melhor controle da disseminação de pragas agrícolas, mas algumas culturas podem ter percas devido as intemperes climáticas, um exemplo é o milho 1, conhecido como milho safrinha adaptado a

estação fria, porém se ocorrer quedas bruscas de temperatura o agricultor corre sério risco de ter sérios prejuízos financeiros (tabela 2).

Tabela 2 - Número de lotes de suínos e aves nas três situações

MÊS	Distribuição dos lotes de Suínos			Distribuição dos lotes de Aves		
	Lotes REA	Lotes REM	Lotes ATUAL	Lotes REA	Lotes REM	Lotes ATUAL
JAN	1	1	1	-	-	-
FEV	-	-	-	1	1	1
MAR	-	-	-	-	-	-
ABR	-	-	-	1	1	1
MAI	-	-	1	-	-	-
JUN	-	-	-	1	1	1
JUL	-	-	-	-	-	-
AGO	-	-	-	1	1	1
SET	-	-	1	-	-	-
OUT	-	-	-	1	1	1
NOV	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	1	1	1

Fonte: Autoria própria (2023).

Na Tabela 2, apresenta-se os valores referentes ao número de lotes de suínos e aves ao longo do ano. Observa-se que nas duas simulações e na situação atual, o número de lotes referentes a aves é igual; sendo que a capacidade máxima para essa categoria é alcançada nas três situações (MAX=REA, MAX=REM e situação atual). Para a utilização das pocilgas, na maximização do REA e do REM, não desenvolveu-se o número total de lotes, ou seja, totalizando 1 lote por ano, devido a necessidade nutricionais das culturas de soja e milho. Segundo Sandmann (2013), a geração de efluentes deve ser compatível com sua utilização na própria propriedade ou haver a possibilidade de venda ou arrendamento de terra.

A tabela 3 traz o balanço de Nitrogênio e Fósforo, extraídos dos rebanhos de aves e suínos nas simulações do REA, REM, comparando-as à situação atual. Mostrando, assim, motivos pela produção limitada de suínos.

Tabela 3 - Quantidades de N e P demandados pelas culturas e produzidos na UPA para as duas simulações e situação atual

CULTURAS	DEMANDA NITROGÊNIO (kg)			DEMANDA FÓSFORO (kg)		
	REA	REM	ATUAL	REA	REM	ATUAL
NECESSIDADE TOTAL	1.359,03	1.802,22	1350,00	597,66	596,62	603,00
PRODUÇÃO TOTAL	1.246,40	1.246,40	4064,38	597,64	597,64	2120,86

Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se na Tabela 3, que tanto na maximização mensal quanto na anual, a produção de nitrogênio e fósforo são inferiores a demanda, devido a quantidade de lotes de suínos sugeridos pelo modelo. No modelo observa-se a não utilização do dejetos de ave, devido ao alto valor agregado para venda em detrimento ao valor de compra do adubo químico (o modelo não leva em consideração o uso de matéria orgânica, o que também corrobora com a venda do dejetos de aves).

Com o sistema atual a produção de nitrogênio e fósforo é maior que a demanda devido às culturas agrícolas adotadas pelo agricultor. Segundo Macucule, Sandmann e Hellmann (2015), para que a propriedade esteja em conformidade com a legislação ambiental, no que tange ao total aproveitamento dos dejetos gerados por sua produção agropecuária, é necessário que os dejetos produzidos pelas culturas tenham um destino correto, podendo ser utilizados na própria propriedade, ou vendidos. Os resultados da Tabela 3 estão em conformidade com o trabalho realizado por Macucule, Sandmann e Hellmann (2015).

6 CONCLUSÕES

Verificou-se, por meio dessa pesquisa, que é possível utilizar a programação matemática em propriedades rurais aplicando os resultados obtidos com o uso de ferramentas computacionais. A programação linear pode contribuir para o aprimoramento das práticas nos processos operacionais em todos os setores produtivos da área rural conseguindo resultados satisfatórios na redução dos custos na produção e o aumento do lucro para o produtor rural simultaneamente se adequando a legislação ambiental.

A programação linear modificou a produção rural em questão, por ter como base a redução dos custos na produção em geral, criando novas alternativas ao produtor rural, sendo esta uma das estratégias encontradas para a resolução dos problemas de produção e maximização dos resultados econômicos que foi perceptível ao analisar o resultado obtido pelo uso do modelo matemático na UPA; verificou-se que o objetivo principal dessa pesquisa foi alcançado, através da maximização dos resultados econômicos e adequação da UPA no que se refere à destinação dos dejetos produzidos principalmente pela suinocultura, mas, a simulação do resultado econômico anual (REA), foi a que apresentou um melhor resultado para a situação da UPA analisada.

A atividade de suinocultura é a que mais gera efluentes, gerando impactos ao ambiente, mas através do uso do modelo aplicado ele indicou o reuso dos dejetos dentro da própria UPA, o que levou a uma adequação dessa unidade às normas ambientais de destinação de efluentes.

O modelo de programação linear aplicado na propriedade rural pode trazer vários benefícios para o produtor rural; como a redução de custos e adequação a legislação, se esse modelo for seguido dentro do processo produtivo, as produções futuras trarão benefícios financeiros para o setor e novas formas de gerenciar a produtividade, além de não poluir o solo e mananciais.

Por meio das simulações, pode-se definir um sistema de produção que se ajusta a legislação ambiental e, ainda, maximiza o resultado econômico da unidade de produção analisada. Ressalta-se que é possível a construção de outros modelos, modificando as restrições e as culturas agropecuárias, havendo também outras formas e possibilidades de elaboração de outros procedimentos que possa permitir a avaliação e a análise de outros resultados em relação a UPA.

REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual**, 2020.

ABREU, E. F. Estudo da diversidade microbiana metanogênica em reatores UASB tratando esgoto sanitário. 2007. Dissertação (Mestrado Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG). 2007.

AQUINO, G. T.; BRONDANI, F. M. M.; SOUZA, R. A. A.; GERON, V. L. M. G. O uso do biogás no âmbito rural como proposta de desenvolvimento sustentável. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, v. 5, n. 1, p. 140-149, 2014.

AWAD, Mohamad M. An innovative intelligent system based on remote sensing and mathematical models for improving crop yield estimation. **Information Processing in Agriculture**, Beirut, Lebanon, p. 316 – 325, 2019.

BASIR, Fahad Al; BANERJEE, Arnab; RAY, Santanu. Role of farming awareness in crop pest management – A mathematical model. **Journal of Theoretical Biology**, Índia, p. 59 – 67, 2019.

BATALHA, M. F. et al. *Gestão agroindustrial*. São Paulo: Gepai, 1999.

BUENO, F. O.; PORSCHE, M. R. M. H.; FLORES, P. M.; RASIA, L. A.; VALDIERO, A. C. **Modelagem matemática de um robô Gantry para aplicação em estufas agrícolas**. In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, 2017, Ijuí. Anais do CRICTE 2017. Ijuí: UNIJUI, 2017a e 2017b. v.1. p.1 – 5.

CAIXETA FILHO, J. V.; AMEIRO, A. H.; ROCCO, C. D. **Modelo matemático para otimização e avaliação de unidade produtora de leite caracterizada pela integração lavoura-pecuária: consideração de parâmetros econômicos, logísticos e ambientais**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Belo Horizonte, 2011.

CHAIBAN, Célia; et al. Point pattern simulation modelling of extensive and intensive chicken farming in Thailand: Accounting for clustering and landscape characteristics. **Agricultural Systems**, Brussels, Belgium, p. 335 – 344, 2019.

CHOWDHURY, Jahangir; et al. A mathematical model for pest management in *Jatropha curcas* with integrated pesticides - An optimal control approach. **Ecological Complexity**, Índia, p. 24 – 31, 2019.

COELHO, Antonio Marcos et al. Embrapa Milho e Sorgo - Sistemas de Produção. Versão Eletrônica - 2ª Edição, 2006.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 8, n. 5. Brasília, p 1-94, fev. 2021.

COSTA, H.R. e Ghedin, E. (2007). Epistemologia do Ensino de Matemática. Em: Universidade Luterana do Brasil (Org.), Anais, 4º Congresso Internacional de Ensino de Matemática (pp.01-08), Rio Grande do Sul: Universidade Luterana do Brasil de Canoas (RS).

DIAS. M.C; OLIVEIRA.L.H; KUROKAWA.F.A. **Modelo matemático para a tomada de decisão para sistema predial de água não potável: descentralizado ou centralizado?** Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

DIAS, M. I. A.; COLEN, F.; FERNANDES, L. A.; SOUZA, R. M.; CARVALHO BUENO, O. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. **Energia na Agricultura**, v. 28, n. 3, p. 155-164, 2013.

DOURMAD, J.Y.; GUINGAND, N.; LATIMIER, P.; SEVÉ, B. Nitrogen and phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: France. *Livestock Production Science*, Shannon, v.58, p.199-211, 1999.

DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbico em série seguidos de um filtro biológico percolador. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 1, p. 91-100, 2011.

FARIAS, E. R. **Seleção de cultura agrícola para o plantio. Aulas de Pesquisa Operacional.** Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2013.

FIORI, A. F. **Modelagem matemática da dinâmica de uma transmissão mecânica do tipo fuso de esferas de um robô gantry.** 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

GOERGEN, R.; PORSCHE, M. R. M. H.; VALDIERO, A. C.; RASIA, L. A.; OBERDORFER, M.; SOUZA, J. P. **Modelagem Matemática da Relação Cinemática do Acionamento Pneumático de uma Bancada Robotizada para**

Reabilitação Física In: XXXVIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2018, Campinas. Anais do CNMAC 2018. São Carlos: SBMAC, 2018. v.1. p.1 – 7.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Base de dados do estado. Disponível em: <<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em: 15 nov. de 2023.

ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. BNDES Setorial, v. 44, p. 125-156, 2016.

KAZEMI, Hossein; AKINCI, İl. A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decisionmaking Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). **Ecological Engineering**, 2018.

KLEINSTEUBER, S. Special Issue on “Microbial Ecology of Anaerobic Digestion”. Bioengineering, v. 1, p. 111-112, 2014.

KONZEN, E.A. Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida. 1980. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, 1980.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa operacional. 4ª edição, ed. Person, 2009.224p.

LI, Xiaojuan; SHAOZHONG, Kang; JUNNIU, Taisheng; DULING, Tong; SIEN, Li; RISHENG, Ding. Applying uncertain programming model to improve regional farming economic benefits and water productivity. **Agricultural Water Management**, Beijing – China, p. 352 – 365, 2017.

LINDO SYSTEMS INC. (2019) **Software Lingo**. Disponível em: <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>.

MACUCULE, O. E.; SANDMANN, A.; HELLMANN, L. **Produção de proteína animal e reuso na própria unidade produtora**. Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira. Medianeira – PR. v. 2, n. 12, p. 78-85, jul./dez. 2015.

MOKLYACHUK, Lidiya; YATSUK, Igor; MOKLIACHUK, Oleksandr; PLAKSIUK, Larissa. Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Ucrânia, v. 28, 2016.

MOREIRA, Daniel A. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 2. ed. rev. e atualiz., São Paulo: Cengage Learning, 2013.

MOREIRA, S. A. Desenvolvimento de um Modelo Matemático para otimização de sistema integrado de produção agrícola com terminação de bovinos de corte em confinamento. (Dissertação de mestrado em agronegócios), Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

MOTTERAN, F.; PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M. M. The behaviour of an anaerobic baffled reactor (ABR) as the first stage in the biological treatment of hog farming effluents. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 30, n. 2, p. 299-310, 2013.

Notícias Embrapa - Portal Embrapa. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

OLIVEIRA, A.R. de Jr. **Manejo de dejetos**. 1994. Disponível em: www.conpassu.com.br/dejetos. Acesso em: 16 out. 2005.

PALHARES, J. C. P. **Licenciamento ambiental na suinocultura: os casos brasileiro e mundial**. Concórdia: Embrapa. 2008.

PARANÁ, “**PERFIL DA AGROPECUÁRIA PARANAENSE**”. Curitiba – PR: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento – SEAB, Departamento de Economia Rural – DERAL, 2021.

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUDIÑO, F.E.L. **A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm>. Acesso em: 13/09/2021.

RIBEIRO, G.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M.; HENRIQUE, W.; SUGOHARA, A.; AMORIM, A.C. **Efeito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.2.082-2.091, 2007.

RIBEIRO, R. P.; FORTES, B. J. **Programação linear: uma contribuição `a gestão de uma propriedade rural**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza, CE. Anais [...] Fortaleza: UFC, 2015. p. 114.

ROPPA, L. **Tendências da suinocultura mundial e as oportunidades brasileiras**. Anuário da Pecuária Brasileira, São Paulo, p. 281-284, 2002.

ROPPA, I.; REGUEIRO, L.; CARBALLA, M.; HOSPIDO, A.; LEMA, J. M. Assessing anaerobic co-digestion of pig manure with agroindustrial wastes: The link between environmental impacts and operational parameters. Science of the Total

Environment, v. 497, p. 475-483, 2014.

SANDMANN, A. e BARROS, M. J. **Modelagem Matemática dos Condicionantes Técnicos Econômicos Financeiros de uma Unidade de Produção Agropecuária com Bovinocultura de Leite**. Medianeira: Editora Independente, 2010.

SANDMANN, A. **Maximização econômica em unidade produtiva agropecuária com reutilização dos efluentes gerados**. Tese de (doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

SILVA NETO, B.; OLIVEIRA, A. de. A Programação Matemática na Análise de Sistemas de Produção Agropecuária. Parte I. Ed. UNIJUÍ – Ijuí, 2007.

STANKEVICH.A.S;KHARYTONOV.N.N;DUDAR.T.V;KOZLOVA.A.A.Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. **Emirates Journal Of Food And Agriculture** 2016.

VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C.; JONGBLOED, A.W.; AAMICK, A.J.A. **Nitrogen and phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: The Netherlands**. Livestock Production Science, Netherlands, v.58, p.213-24, 1999.

ZIECH, R. O.; PINTO, M. S.; VALDIERO, A. C.; RASIA, LUIZ A.. **Modelagem Matemática da Dinâmica do Eixo de um Sistema Dosador de Adubo à Taxa Variável**. In: XXXVI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2016, Gramado. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics. São Carlos: Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional, 2016. v. 5. p. 1-2.

APÊNDICE A - MODELO

ROTEIRO DE ENTREVISTA

MAX= REA;

!DADOS DE ENTRADA;

!PRODUTOS E INSUMOS;

R > = 0;

RACAN > = 0;

REA > = 0;

REANUAL > = 0;

MILHO = MILHO1 + MILHO2;

MILHO1>=0;

MILHO2>=0;

@FREE (REM) ;

!SUINOS;

LOTESU > = 1;

VENDALOTESU = VENDALOTESUJAN+VENDALOTESUMAI+VENDALOTESUSET;

VENDALOTESUJAN = 56800*LOTESU1;

VENDALOTESUMAI = 56800*LOTESU2;

VENDALOTESUSET = 56800*LOTESU3;

LOTESU = LOTESU1+LOTESU2+LOTESU3;@BIN (LOTESU1) ;@BIN (LOTESU2) ;@BIN (LOTESU3) ;

!NITROGENIO SUINO;

[QDEJETOSUI] DEJS = 8*110*1700*LOTESU;@GIN (LOTESU) ;

[NSSTRAT] QNSST = NSST*DEJSST;

[NBIODIG] QNSBIO = NSBIO * DEJSBIO;

[NLAGOA] QNSLA = NSLA *DEJSLA;

!ANALISES N SUINO;

NSST = 0.000667;

NSBIO = 0.000637;

NSLA = 0.000627;

!FOSFORO SUINO;

[PSEMTRATS]QPSST = PSST*DEJSST;

[PBIOSUI] QPSBIO = PSBIO * DEJSBIO;

[PLAGOASUI] QPSLA = PSLA*DEJSLA;

!ANALISE P SUINO;

PSST = 0.000344;

PSBIO = 0.000290;

PSLA = 0.000287;

!TOTAL DEJETOS N e P;

[LIMDEJN] QNSST + QNSBIO + QNSLA = NSUINO;

[LIMDEJP] QPSST + QPSBIO + QPSLA = PSUINO;

!ESCOLHA DO SISTEMA DE MANEJO;

[DEJTOTAL] DEJSST + DEJSBIO + DEJSLA = DEJS;

[MANEJO1] DEJSST - 2000000*SST <= 0; @GIN(SST);

[MANEJO2] DEJSBIO - 2000000*SBIO <= 0; @GIN(SBIO);

[MANEJO3] DEJSLA - 2000000*SLA <= 0; @GIN(SLA);

[ESCOLHADEJS] SST + SBIO + SLA <= 1;

!AVES;

VESTRAV = (100*DEJAVV)/1000;

VENDAVES

VENDAVESFEV+VENDAVESABR+VENDAVESJUN+VENDAVESAGO+VENDAVESOUT+VENDAVESDEZ; =

VENDAVESFEV = 36614*LOTEAV1; @GIN(LOTEAV1); @BIN(LOTEAV1);

VENDAVESABR = 36614*LOTEAV2; @GIN(LOTEAV2); @BIN(LOTEAV2);

VENDAVESJUN = 36614*LOTEAV3; @GIN(LOTEAV3); @BIN(LOTEAV3);

VENDAVESAGO = 36614*LOTEAV4; @GIN(LOTEAV4); @BIN(LOTEAV4);

VENDAVESOUT = 36614*LOTEAV5; @GIN(LOTEAV5); @BIN(LOTEAV5);

VENDAVESDEZ = 36614*LOTEAV6; @GIN(LOTEAV6); @BIN(LOTEAV6);

LOTESAV = LOTEAV1+LOTEAV2+LOTEAV3+LOTEAV4+LOTEAV5+LOTEAV6;

[NLOTESA] LOTESAV<=6; @GIN(LOTESAV);

[QDEJTOSA] DEJAV = 40000*LOTESAV;

NAST = 0.00521;

PAST = 0.00347;

[NAVES1] QNAST = NAST*DEJAVUSO;

[PAVES1] QPAST = PAST*DEJAVUSO;

[DEJAVES] DEJAV = DEJAVV + DEJAVUSO;

!Ligacao entre as quantidades de Nitrogênio e Fósforo produzidas pelas três categorias;

[NOTROGENIMAXT] NSUINO + QNAST + QNVST = NMAX;

[FOSFOROMAX] PSUINO + QPAST+ QPVST = PMAX;

[PLANTIUVERAOP] NECESSOJAP*SOJA + NECESMILHOP1*MILHO1 >= PMAX;

[PLANTIUVERAON] NECESSOJAN*SOJA + NECESMILHON2*MILHO2 >= NMAX;

!PROTEINA VEGETAL;

!NECESSIDADES;

NECESSOJAP*SOJA + NECESMILHOP1*MILHO1 +NECESMILHOP2*MILHO2 = FOSFORO;

NECESSOJAN*SOJA + NECESMILHON1*MILHO1 + NECESMILHON2*MILHO2 = NITRO;

!COMPRA DE ADUBO;

NITRO - NMAX = NCOMPRA;

FOSFORO - PMAX = PCOMPRA;

FOSFOCOMPRA = 4*PCOMPRA;

NITROCOMPRA = 4*NCOMPRA;

ADUBOCOMPRA = NITROCOMPRA+FOSFOCOMPRA;

BALANCOADUBO = VESTRAV - ADUBOCOMPRA;

!COEFICIENTES DAS CULTURAS;

RENDSOJA = 4;

NECESSOJAN = 0;

NECESSOJAP = 40;

RENDMILHO1 = 8.75;

RENDMILHO2 = 7;

NECESMILHON2 = 150;

NECESMILHOP2 = 27;

NECESMILHOP1 = 33.5;

NECESMILHON1 = 187;

!PRINCIPAIS VALORES AGREGADOS AO MILHO E A SOJA;

CMIL = 3324;

VMIL1 = 7756;

VMIL2 = 6648;

[CUSTOSIL1] CSIL1 = 3750 * SIL1;

[CUSTOSIL2] CSIL2 = 3750 * SIL2;

VSOJA = 11025;

CUSTOSOJA = 4900;

!RENDIMENTO MENSAL DA UNIDADE DE PRODUCAO AGRICOLA;

ANO = 12 ;

[REJAN] VENDALOTESUJAN +BALANCOADUBO/12>= REM;

[REFEV] VENDAVESFEV +BALANCOADUBO/12>= REM;

[REMAR] (VMIL1*MILHO1)+ (SOJA*VSOJA)+BALANCOADUBO/12 >= REM;

[REABR] -(CMIL*MILHO2)+ VENDAVESABR>= REM ;

[REMAI] VENDALOTESUMAI+BALANCOADUBO/12>= REM;

[REJUN] BALANCOADUBO/12 >= REM;

[REJUL] BALANCOADUBO/12 >= REM;

[REAGO] VENDAVESAGO+BALANCOADUBO/12>= REM;

[RESET] VMIL2*MILHO2 + VENDALOTESUSET+BALANCOADUBO/12>= REM;

[REOUT] - (CMIL*MILHO1) - CUSTOSOJA *SOJA+ VENDAVESOUT+BALANCOADUBO/12 >= REM;

[RENOV] BALANCOADUBO/12>= REM;

[REDEZ] VENDAVESDEZ+BALANCOADUBO/12>= REM;

! RESULTADO ECONOMICO EM CADA MES;

[RREJAN] VENDALOTESUJAN +BALANCOADUBO/12= REM1;

[RREFEV] $PL * LFEV + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RFEV) + VENDAVESFEV + BALANCOADUBO / 12 = REM2;$

[RREMAR] $PL * LMAR + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RMAR) + (VMIL1 * MILHO1) + (SOJA * VSOJA) + BALANCOADUBO / 12 = REM3;$

[RREABR] $PL * LABR + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RABR) - (CMIL * MILHO2) + VENDAVESABR + BALANCOADUBO / 12 = REM4 ;$

[RREMAI] $PL * LMAI + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RMAI) - (CAV * AV) + VENDALOTESUMAI + BALANCOADUBO / 12 = REM5;$

[RREJUN] $PL * LJUN + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RJUN) + VENDAVESJUN + BALANCOADUBO / 12 = REM6;$

[RREJUL] $PL * LJUL + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RJUL) + BALANCOADUBO / 12 = REM7;$

[RREAGO] $PL * LAGO + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RAGO) - CSIL2 + VENDAVESAGO + BALANCOADUBO / 12 = REM8;$

[RRESET] $PL * LSET + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RSET) + VMIL2 * MILHO2 + VENDALOTESUSET + BALANCOADUBO / 12 = REM9;$

[RREOUT] $PL * LOUT + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * ROUT) - (CMIL * MILHO1) - (CPOT * POT) - CUSTOSOJA * SOJA + VENDAVESOUT + BALANCOADUBO / 12 = REM10;$

[RRENOV] $PL * LNOV + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - (PRACAO * RNOV) - (CSCE * (CANA + CE + SOR)) + BALANCOADUBO / 12 = REM11;$

[RREDEZ] $PL * LDEZ + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN * N - CTF * TF) / ANO - PRACAO * RDEZ + VESTRAV + VENDAVESDEZ + BALANCOADUBO / 12 = REM12;$

@FREE (REM1) ; @FREE (REM2) ; @FREE (REM3) ; @FREE (REM4) ; @FREE (REM5) ; @FREE (REM6) ; @FREE (REM7) ; @FREE (REM8) ; @FREE (REM9) ; @FREE (REM10) ; @FREE (REM11) ; @FREE (REM12) ;

!RESULTADO ECONOMICO ANUAL;

[RENDAN] $REM1 + REM2 + REM3 + REM4 + REM5 + REM6 + REM7 + REM8 + REM9 + REM10 + REM11 + REM12 = REANUAL;$

[RREANUAL] $(SOJA * VSOJA) + VENDAVES + VESTRAV + VENDALOTESU + (VMIL1 * MILHO1) + (VMIL2 * MILHO2) + (PL * L) + (PVENDA VS * PV * VD) - (CVL * VL + CVS * VS + CN * N + CTF * TF) - (CSCE * (CANA + CE + SOR)) - (CMIL * MILHO1) - (CPOT * POT) - (CUSTOSOJA * SOJA) - (CAV * AV) - (CMIL * MILHO2) - (PRACAO * R) - CSIL2 - CSIL1 + BALANCOADUBO = REA;$

!RESTRIÇÕES;

!SAU;

[TOTALV] SAUV = 9;

[SAUTOTALI] SAUI = 9;

[SAUQ] SOJA+ MILHO1+POT+CE+SOR+SIL1+CANA<=SAUV;
[SAUF] MILHO2 +SOR+ SIL2+ POT+AV+CANA<=SAUI;

SOJA+ MILHO1+POT+CE+SOR+SIL1+CANA<=VERAO;
MILHO2 +SOR+ SIL2+ POT+AV+CANA<=INVERNO;

!TRABALHO;

[WJANEIRO] 16*VL+SIL1+
HC* (CANAJANVL+CANAJANVS+CANAJANN+CANAJANTF) +HCE* (CEJANVL+CEJANVS+CEJANN+CEJ
ANTF) +HSOR* (SORJANVL+SORJANVS+SORJANN+SORJANTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WFEVEREIRO]
16*VL+HC* (CANAFEVVL+CANAFEVVS+CANAFEVN+CANAFEVTF) +HCE* (CEFEVVL+CEFEVVS+CEFE
VN+CEFEVTF) +HSOR* (SORFEVVL+SORFEVVS+SORFEVN+SORFEVTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WMARCO]
16*VL+HC* (CANAMARVL+CANAMARVS+CANAMARN+CANAMARTF) +HCE* (CEMARVL+CEMARVS+CEMA
RN+CEMARTF) +HSOR* (SORMARVL+SORMARVS+SORMARN+SORMARTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WABRIL]
16*VL+AV+HC* (CANAABRVL+CANAABRVS+CANAABRN+CANAABRTF) +HCE* (CEABRVL+CEABRVS+C
EABRN+CEABRTF) +HSOR* (SORABRVL+SORABRVS+SORABRN+SORABRTF) +
HSUINO*LOTESU<=WF;

[WMAIO]
16*VL+HC* (CANAMAIVL+CANAMAIVS+CANAMAIN+CANAMAITF) +HCE* (CEMAIVL+CEMAIVS+CEMA
IN+CEMAITF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WJUNHO]
16*VL+HC* (CANAJUNVL+CANAJUNVS+CANAJUNN+CANAJUNTF) +HCE* (CEJUNVL+CEJUNVS+CEJU
NN+CEJUNTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WJULHO]
16*VL+HC* (CANAJULVL+CANAJULVS+CANAJULN+CANAJULTF) +HCE* (CEJULVL+CEJULVS+CEJU
LN+CEJULTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WAGOSTO]
16*VL+HSOR*SOR+HC* (CANAAGOVVL+CANAAGOVVS+CANAAGON+CANAAGOTF) +HCE* (CEAGOVVL+CEA
GOVS+CEAGON+CEAGOTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WSETEMBRO]
16*VL+HC* (CANASETVL+CANASETVS+CANASETN+CANASETTF) +HSOR* (SORSETVL+SORSETVS+S
ORSETN+SORSETTF) +HCE* (CESETVL+CESETVS+CESETN+CESETTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WOUTUBRO]
16*VL+SIL+POT+HC* (CANAOUTVL+CANAOUTVS+CANAOUTN+CANAOUTTF) +HCE* (CEOUTVL+CEOU
TVS+CEOUTN+CEOUTTF) +HSOR* (SOROUTVL+SOROUTVS+SOROUTN+SOROUTTF) +
HSUINO*LOTESU<=WF;

[WNOVEMBRO] 16*VL+HC* (CANANOVVL+CANANOVVS+CANANOVN+CANANOVTF) +
HCE* (CENOVVL+CENOVVS+CENOVN+CENOVTF) +HSOR* (SORNOVVL+SORNOVVS+SORNOVN+SORNOV
TF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[WDEZEMBRO]
16*VL+HC* (CANADEZVL+CANADEZVS+CANADEZN+CANADEZTF) +HCE* (CEDEZVL+CEDEZVS+CEDE
ZN+CEDEZTF) +HSOR* (SORDEZVL+SORDEZVS+SORDEZN+SORDEZTF) + HSUINO*LOTESU<=WF;

[HORASCANA] HC = 40; !HORAS POR HECTARE DE CANA;

[HORASOR] HSOR = 18;

[HORASCE] HCE = 45;

[HORASUINO] HSUINO =30;

[WFAM] WF = 460;

RESULTADO ANUAL

Rows= 371 Vars= 483 No. integer vars= 14
Nonlinear rows= 192 Nonlinear vars= 62 Nonlinear constraints=
192
Nonzeros= 2671 Constraint nonz= 2653 Density=0.015
No. < : 205 No. =: 94 No. > : 71, Obj=MAX Single cols= 20

** WARNING ** Problem is poorly scaled. The units
of the rows and variables should be changed so the
coefficients cover a much smaller range.

Optimal solution found at step: 11947
Objective value: 407260.2
Branch count: 4

Variable	Value	Reduced Cost
REA	407260.2	0.0000000
R	0.1612231E-04	0.0000000
RACAN	0.1612231E-04	0.0000000
REANUAL	407260.2	0.0000000
MILHO	9.0000000	0.0000000
MILHO1	0.0000000	0.0000000
MILHO2	9.0000000	0.0000000
REM	-5674.750	0.0000000
PVENDAVS	7.0000000	0.0000000
LOTESU	1.0000000	44614.00
VENDALOTESU	56800.00	0.0000000
VENDALOTESUJAN	0.0000000	0.0000000
VENDALOTESUMAI	56800.00	0.0000000
VENDALOTESUSET	0.0000000	0.0000000
LOTESU1	0.0000000	0.0000000
LOTESU2	1.0000000	0.0000000
LOTESU3	0.0000000	0.0000000
DEJS	1496000.	0.0000000
QNSLA	0.1720536E-21	0.0000000
NSLA	0.6270000E-03	0.0000000
DEJSLA	0.0000000	0.0000000
QPSLA	0.9264423E-22	0.0000000
PSLA	0.2870000E-03	0.0000000
NSUINO	952.9520	0.0000000
PSUINO	433.8400	0.0000000
SLA	0.0000000	0.0000000
VESTRAV	24000.00	0.0000000
DEJAVV	240000.0	0.0000000
VENDAVES	219684.0	0.0000000
VENDAVESFEV	36614.00	0.0000000
VENDAVESABR	36614.00	0.0000000
VENDAVESJUN	36614.00	0.0000000
VENDAVESAGO	36614.00	0.0000000
VENDAVESOUT	36614.00	0.0000000
VENDAVESDEZ	36614.00	0.0000000
LOTEAV1	1.0000000	0.0000000
LOTEAV2	1.0000000	0.0000000

LOTEAV3	1.000000	0.0000000
LOTEAV4	1.000000	0.0000000
LOTEAV5	1.000000	0.0000000
LOTEAV6	1.000000	0.0000000
LOTESAV	6.000000	0.0000000
DEJAV	240000.0	0.0000000
NAST	0.5210000E-02	0.0000000
PAST	0.3470000E-02	0.0000000
QNAST	0.3552714E-14	0.0000000
DEJAVUSO	0.6819028E-12	0.0000000
QPAST	0.2366203E-14	0.0000000
NMAX	952.9520	0.0000000
PMAX	433.8400	0.0000000
NECESSOJAP	40.00000	0.0000000
SOJA	9.000000	0.0000000
NECESMILHOP1	33.50000	0.0000000
NECESCEP	35.00000	0.0000000
CE	0.8692996E-10	0.0000000
NECESPOTP	35.00000	0.0000000
POT	0.3921117E-11	0.0000000
NECESSORP	26.00000	0.0000000
SOR	0.2351122E-08	0.0000000
NECESSILP1	21.00000	0.0000000
NECESCANAP	54.50000	0.0000000
CANA	0.8165141E-11	0.0000000
NECESMILHOP2	27.00000	0.0000000
NECESSILP2	18.00000	0.0000000
NECESAVP	30.00000	0.0000000
AV	0.8692996E-10	0.0000000
NECESSOJAN	0.0000000	0.0000000
NECESMILHON1	187.0000	0.0000000
NECESCEN	400.0000	0.0000000
NECESPOTN	100.0000	0.0000000
NECESSORN	214.0000	0.0000000
NECESSILN1	180.0000	0.0000000
NECESCANAN	120.0000	0.0000000
NECESMILHON2	150.0000	0.0000000
NECESSILN2	150.0000	0.0000000
NECESAVN	75.00000	0.0000000
FOSFORO	603.0000	0.0000000
NITRO	1350.000	0.0000000
NCOMPRA	397.0480	0.0000000
PCOMPRA	169.1600	0.0000000
FOSFOCOMPRA	676.6400	0.0000000
NITROCOMPRA	1588.192	0.0000000
ADUBOCOMPRA	2264.832	0.0000000
BALANCOADUBO	21735.17	0.0000000
RENDSOJA	4.000000	0.0000000
RENDMILHO1	8.750000	0.0000000
RENDMILHO2	7.000000	0.0000000
RENDCE	36000.00	0.0000000
RENDPOT	2000.000	0.0000000
RENDSOR	32000.00	0.0000000
SILAG1	36000.00	0.0000000
SILAG2	32000.00	0.0000000
RENDcana	50000.00	0.0000000
RENDAV	8000.000	0.0000000
SILAG	68000.00	0.0000000
CMIL	3324.000	0.0000000
VMIL1	7756.000	0.0000000
VMIL2	6648.000	0.0000000

CSIL1	0.1660261E-21	0.0000000
CSIL2	0.7563291E-07	0.0000000
VSOJA	11025.00	0.0000000
CUSTOSOJA	4900.000	0.0000000
QDEJETOSUI	0.0000000	0.0000000
NSSTRAT	0.0000000	0.0000000
NBIODIG	0.0000000	0.0000000
NLAGOA	0.0000000	0.0000000
75	0.0000000	0.0000000
76	0.0000000	0.0000000
77	0.0000000	0.0000000
PSEMTRATS	0.0000000	0.0000000
PBIOSUI	0.0000000	0.0000000
PLAGOASUI	0.0000000	0.0000000
81	0.0000000	0.0000000
82	0.0000000	0.0000000
83	0.0000000	0.0000000
LIMDEJN	0.0000000	0.0000000
LIMDEJP	0.0000000	0.0000000
DEJTOTAL	0.0000000	0.0000000
MANEJO1	0.0000000	0.0000000
MANEJO2	504000.0	0.0000000
MANEJO3	0.0000000	0.0000000
ESCOLHADEJS	0.0000000	0.0000000
91	0.0000000	0.0000000
92	0.0000000	0.0000000
93	0.0000000	0.0000000
94	0.0000000	0.0000000
95	0.0000000	0.0000000
96	0.0000000	0.0000000
97	0.0000000	0.0000000
98	0.0000000	0.0000000
99	0.0000000	0.0000000
NLOTESA	0.0000000	0.0000000
QDEJTOSA	0.0000000	0.0000000
102	0.0000000	0.0000000
103	0.0000000	0.0000000
NAVES1	0.0000000	0.0000000
PAVES1	0.0000000	0.0000000
DEJAVES	0.0000000	0.0000000
NOTROGENIMAXT	0.0000000	0.0000000
FOSFOROMAX	0.0000000	0.0000000
PLANTIUIVERAOP	169.1600	0.0000000
PLANTIUIVERAON	397.0480	0.0000000
111	0.0000000	0.0000000
112	0.0000000	0.0000000
113	0.0000000	0.0000000
114	0.0000000	0.0000000
115	0.0000000	0.0000000
116	0.0000000	0.0000000
117	0.0000000	0.0000000
118	0.0000000	0.0000000
119	0.0000000	0.0000000
120	0.0000000	0.0000000
121	0.0000000	0.0000000
122	0.0000000	0.0000000
123	0.0000000	0.0000000
124	0.0000000	0.0000000
125	0.0000000	0.0000000
126	0.0000000	0.0000000

127	0.0000000	0.0000000
128	0.0000000	0.0000000
129	0.0000000	0.0000000
130	0.0000000	0.0000000
131	0.0000000	0.0000000
132	0.0000000	0.0000000
133	0.0000000	0.0000000
134	0.0000000	0.0000000
135	0.0000000	0.0000000
136	0.0000000	0.0000000
137	0.0000000	0.0000000
138	0.0000000	0.0000000
139	0.0000000	0.0000000
140	0.0000000	0.0000000
141	0.0000000	0.0000000
142	0.0000000	0.0000000
143	0.0000000	0.0000000
144	0.0000000	0.0000000
145	0.0000000	0.0000000
146	0.0000000	0.0000000
147	0.0000000	0.0000000
148	0.0000000	0.0000000
149	0.0000000	0.0000000
150	0.0000000	0.0000000
151	0.0000000	0.0000000
152	0.0000000	0.0000000
CUSTOSIL1	0.0000000	0.0000000
CUSTOSIL2	0.0000000	0.0000000
155	0.0000000	0.0000000
156	0.0000000	0.0000000
157	0.0000000	0.0000000
158	0.0000000	0.0000000
159	0.0000000	0.0000000
160	0.0000000	0.0000000
REJAN	7486.014	0.0000000
REFEV	44100.01	0.0000000
REMAR	106711.0	0.0000000
REABR	12372.75	0.0000000
REMAI	64286.01	0.0000000
REJUN	44100.01	0.0000000
REJUL	7486.014	0.0000000
REAGO	44100.01	0.0000000
RESET	67318.01	0.0000000
REOUT	0.1431944E-01	0.0000000
RENOV	7486.014	0.0000000
REDEZ	68100.01	0.0000000
RREJAN	-0.1943886E-07	0.0000000
RREFEV	-0.1952867E-07	0.0000000
RREMAR	-0.3209716E-06	0.0000000
RREABR	-0.1938497E-07	0.0000000
RREMAI	-0.1926674E-07	0.0000000
RREJUN	-0.1939043E-07	0.0000000
RREJUL	-0.6410232E-07	0.0000000
RREAGO	-0.1019289E-06	0.0000000
RRESET	-0.2953093E-06	0.0000000
RREOUT	0.0000000	0.0000000
RRENOV	-0.2951738E-06	0.0000000
RREDEZ	-0.2943416E-06	0.0000000
RENDAN	0.0000000	0.0000000
RREANUAL	-0.2330053E-06	0.0000000
TOTALV	0.0000000	0.0000000

SAUTOTALI	0.0000000	0.0000000
SAUQ	0.0000000	0.0000000
SAUF	0.0000000	0.0000000
191	0.3320839E-05	0.0000000
192	0.0000000	0.0000000
WJANEIRO	430.0000	0.0000000
WFEVEREIRO	430.0000	0.0000000
WMARCO	430.0000	0.0000000
WABRIL	430.0000	0.0000000
WMAIO	430.0000	0.0000000
WJUNHO	430.0000	0.0000000
WJULHO	430.0000	0.0000000
WAGOSTO	430.0000	0.0000000
WSETEMBRO	430.0000	0.0000000
WOUTUBRO	430.0000	0.0000000
WNOVEMBRO	430.0000	0.0000000
WDEZEMBRO	430.0000	0.0000000
HORASCANA	0.0000000	0.0000000
HORASOR	0.0000000	0.0000000
HORASCE	0.0000000	0.0000000
HORASUINO	0.0000000	0.0000000
WFAM	0.0000000	0.0000000