



## Sistema para Gestão Climática na Produção de Feno

Clóvis S. Júnior<sup>1</sup>, Luis F. Toledo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Rondonópolis - UFR  
Instituto de Ciências Exatas e Naturais - ICEN  
Av. dos Estudantes, 5055. Cidade Universitária.  
Rondonópolis - Mato Grosso - CEP 78736-900

clovis@ufr.edu.br, luis.toledo@aluno.ufr.edu.br

**Abstract.** *Climate control is essential to determine the quality of crops and agricultural inputs; in this sense, to assist the producer the research proposes the development of a computer system to contribute to the management of informative data regarding the climate, also assisting in decision-making. The proposed solution consists of the development of software for the daily monitoring of the crop dehydration process considering the main variables involved in environmental evaporation, the producer will have access to information aiming at economy and efficiency in the production process. The target audience will be small producers, the dissemination of technology can be done through cooperatives and rural extension.*

**Resumo.** *O controle climático é fundamental para a determinar a qualidade de culturas e insumos agrícolas, nesse sentido, para auxiliar o produtor a pesquisa propõe o desenvolvimento de um sistema computacional para contribuir com a gestão de dados informativas a respeito do clima, auxiliando também na tomada de decisão. A solução proposta consiste no desenvolvimento de um software para o acompanhamento diário do processo de desidratação da cultura considerando as principais variáveis envolvidas na evaporação ambiental, com isso o produtor terá acesso a informações visando economia e eficiência no processo produtivo. O público alvo serão pequenos produtores, a difusão da tecnologia poderá ser feita por meio de cooperativas e extensão rural.*

### 1. Introdução

O feno no Brasil é em maioria gramíneas cortadas, desidratadas e enfardadas em um processo que as transformam em uma forragem com maior duração em armazenamento conservando-se os nutrientes, para a alimentação de equinos e bovinos. Dentre os processos, o mais importante é a desidratação da cultura que ocorre após o corte, e posteriormente ainda no chão dos talhões, ficam expostas somente a energia do sol e do vento,

barateando mais o processo. A gramínea inicia seu processo de desidratação com um teor de umidade de 65 a 85% e no final do processo, que geralmente dura de 48h a 72h, precisa atingir em média de 10% a 15% de umidade, manter a umidade nestes patamares recomendados é essencial para a qualidade do produto, garantindo uma maior durabilidade, qualidade nutritiva e menor o risco de incêndios nos galpões de armazenamento. O sol e o vento têm papel crucial no processo de desidratação da gramínea, portanto estudar e obter informações acerca do clima é de fundamental importância para a tomada de decisão do produtor, economizando tempo, mão de obra e insumos.

## **2. Fundamentação Teórica**

A produção de feno para uso como fonte de volumoso na dieta do rebanho é uma tecnologia pouco utilizada no Brasil, mas, se entendidas suas práticas de produção, observa-se que é técnica de fácil utilização e pode contribuir de forma significativa para elevar os índices zootécnicos e viabilizar economicamente o empreendimento agropecuário, tanto de forma direta como indireta. O processo de fenação consiste em propiciar a rápida desidratação da planta forrageira para obter um produto de bom valor nutritivo e baixo nível de perdas, com possibilidade de armazenamento por longo período. O objetivo é preservar as características nutricionais da forrageira.

O clima é o principal fator limitante na produção de feno e exerce papel fundamental no processo. A temperatura, a umidade relativa (UR) do ar, a velocidade do vento e a radiação solar influenciam, significativamente, na velocidade de desidratação da forragem, interferindo, assim, na qualidade do feno. É importante salientar que, mesmo sem a ocorrência de chuvas, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade relativa do ar podem tornar o dia inapropriado à produção de feno.

A radiação solar é a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico pois é ela que desencadeia todo o processo meteorológico afetando todos os outros elementos (temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc). Trata-se, portanto, de um elemento primordial no entendimento da variação dos demais. A energia solar é a fonte primária de energia para todos processos terrestres, desde a fotossíntese, responsável pela produção vegetal e manutenção da vida na presente forma, até o desenvolvimento de furacões, tempestades, enfim, pela circulação geral da atmosfera e oceanos. Além da sua importância em Meteorologia, a energia radiante do Sol é um elemento fundamental em estudos ecológicos e de disponibilidade energética, pois a maior parte da energia disponível na Terra tem origem na radiação solar.

O presente projeto pretende investigar dados climáticos e as influências que o mesmo exercem na produção de feno, para isso será desenvolvido uma solução computacional para auxiliar tanto na gestão dos dados agrícolas quanto na geração de informações para tomada de decisões.

## **3. Trabalhos Relacionados**

A abordagem utilizada para o desenvolvimento da interface do software segue o critério de simplificação do código, nesse sentido é combinado um código-fonte mínimo com interfaces gráficas interativas para promover o desenvolvimento rápido de aplicações. Segundo [Alamin et al. 2021], o objetivo é democratizar o desenvolvimento de aplicações a profissionais do sector do software com diversas formações. a pesquisa apresentada

por [Alamin et al. 2021], aborda um estudo empírico de cerca de 5 mil mensagens com discussões sobre nove plataformas populares, após análise das mensagens foram identificados 13 tópicos que estão agrupados em quatro categorias: personalização, adoção de plataformas, gestão de bases de dados e integração de terceiros.

Outro ponto importante no desenvolvimento da presente pesquisa refere-se ao mapeamento dos requisitos para a construção da solução proposta, uma abordagem amplamente adotada por desenvolvedores são ontologias para investigação de sistemas para gestão de dados. Ontologias ajudam a definir o modelo semântico dos dados subjacentes combinado com o conhecimento do domínio. O artigo proposto por [Wu et al. 2021], apresenta uma ontologia de análise climática para modelar conjuntos de dados climáticos utilizados por analistas. O autor utilizou dados publicados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para explorar formas de criar as ontologias para a sua proposta. A abordagem da nossa proposta segue o mesmo critério com identificação de dados e variáveis relevantes para a criação de uma solução computacional viável e satisfatória.

Transversalmente a pesquisa utiliza dados meteorológicos, sendo estes necessários em algumas etapas dos cálculos abordados. A utilização de dados meteorológicos tem sido de grande ajuda para monitorar alterações de padrões de vegetação em praticamente todas as culturas tradicionais [Jas and Pplied 2021].

Segundo [Zhelyeznyak and Ptashnyk 2022], o problema atual da utilização dos sistemas de informação tradicionais na área agrícola está no fato dos agricultores ainda utilizam softwares para operações tipicamente operacionais, dessa forma o uso de softwares inteligentes ainda está aquém. O autor recomenda que as empresas agrícolas utilizem sistemas de informação para planejamento, cujo modelo se baseia em arquiteturas mais inteligentes com sistemas para gestão e predição de dados.

Complementarmente ao tema abordado na nesta pesquisa o software proposto por [Coltri et al. 2019], foi concebido para apoiar pequenos agricultores a gerir riscos climáticos em áreas de produção. O foco da proposta dos autores denominado "Sistema Brasileiro de Mapeamento para Zoneamento Agrícola"(BRAMAZOS) é transformar o conhecimento científico em informação útil para a gestão do risco climático das culturas, indicando o risco de quebra de safra e qual o elemento meteorológico limitante para a inadequação da área. O software foi desenvolvido com base no design da experiência do utilizador, privilegiando as facilidades do utilizador com uma interface amigável.

#### **4. Materiais e Métodos**

**Metodologia da Execução do Projeto** O projeto foi conduzido utilizando metodologia descritiva considerando que será implementado um software como ferramenta computacional para área agrícola na produção de feno. É importante destacar que, a validação será feita utilizando métodos qualitativos sendo estes verificados com auxílio técnico de profissionais da área específica. O acompanhamento e avaliação foi realizado com as seguintes etapas: Análise de requisitos: verificação das demandas relacionadas aos tipos de dados necessários para as análises, geração de informações e demais necessidades exigidas pelo software proposto. Análise de requisitos para a aplicação: verificar com especialistas na área agrícola as demandas para o cenário proposto, identificando a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do software para a gestão de dados e informações.

Material Vegetal	a
Mix de alfafa(25%) e ervas(75%)	0,071
Festuca	0,075
Pomar	0,075
Capim	0,070
Mix de alfafa(80%) e festuca(20%)	0,063

**Tabela 1. Fatores de ponderação usados na equação de secagem**

Preparação dos dados: realizar as transformações e enriquecimentos com ferramentas próprias ou de terceiros para adequar os conjuntos de dados às demandas do sistema proposto. Projeto de software: desenvolvimento do sistema de gestão por meio de software a ser desenvolvido com recursos próprios e ferramentas sem licenças comerciais. Validação do software: realização testes para verificação das funcionalidades do software proposto. Publicação dos resultados: divulgar os resultados obtidos na preparação dos dados e desenvolvimento do software por meio da publicação de artigos científicos em congressos e periódicos especializados.

## 5. Resultados

A qualidade de secagem do ar é frequentemente medida pela evaporação potencial, a fim de integrar os muitos fatores integram o processo. O uso da evaporação potencial foi proposto para o uso em uma relação exponencial ligeiramente diferente para prever o teor de umidade do feno no final de cada dia que ele permanece no solo.

$$M_n = M_o \exp \left[ -a \sum_{i=1}^n PE_i \right] \quad (1)$$

Onde  $M_n$  = teor de umidade no final do  $n$ ésimo dia;  $M_0$  = teor de umidade original no momento do corte;  $a$  = fator de ponderação característico do material do feno;  $PE_i$  = evaporação potencial no  $i$ ésimo dia após o corte (mm); O fator de ponderação  $a$  foi determinado a partir de experimentos reais de secagem em campo e de vários conforme apresentado na tabela 1

Os valores são apropriados para a cultura do feno cortado de forma convencional. As comparações do tempo de secagem para feno triturado e não triturado, mostram que os requisitos de tempo podem ser reduzidos em um terço, indicando que o valor deve ser acrescido em 50% sempre que uma combinação ganadeira-condicionadora for usada no campo.

A evaporação potencial pode ser realmente medida como evaporação do tanque ou estimada a partir de outros parâmetros climáticos. Uma equação de regressão foi desenvolvida (Hill, 1974) que usa o déficit diário máximo de pressão de vapor de saturação, velocidade média do vento durante o dia e radiação solar diária total para prever a evaporação potencial diária. A equação tem a forma:

$$EVAP = VPD + WIND + SUN - 2.032 \quad (2)$$

Onde  $EVAP$  = evaporação diária total do tanque em mm;  $VPD$  = déficit de pressão de vapor de saturação em mbar;  $WIND$  = velocidade do vento em km/h;  $SUN$  = radiação

solar em Ly/dia;

$$VPD = es - ea \quad (3)$$

Onde VPD = déficit de pressão de vapor de saturação; es = Pressão de vapor de saturação da superfície da água calculada usando sua temperatura máxima para o dia. ea = Pressão real do vapor do ar calculado a partir da umidade relativa mínima e da temperatura máxima do ar para o dia. A temperatura máxima da superfície da água nem sempre foi igual à temperatura máxima do ar, mas a ultrapassou em dias ensolarados e caiu abaixo dela em dias nublados. Para determinar a quantidade de diferença entre a temperatura máxima do ar e a temperatura máxima da água na panela, as observações da diferença foram plotadas contra os valores da radiação total recebida durante o dia. A Figura 3 mostra a relação e uma linha reta foi ajustada aos dados.

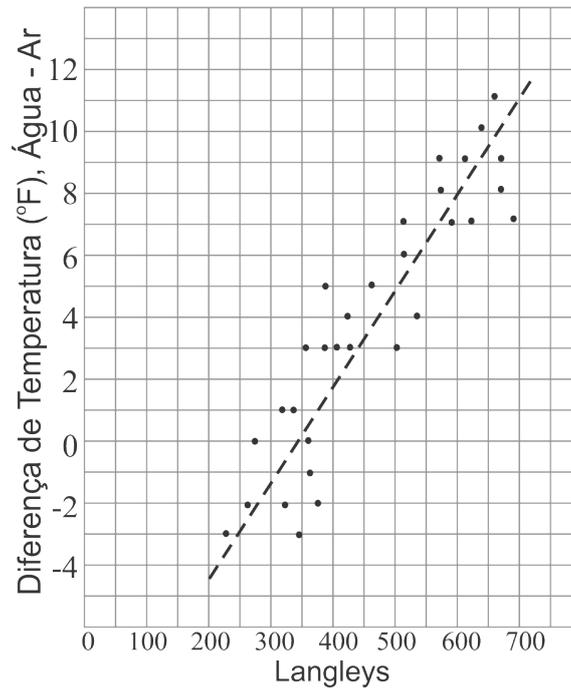
A relação linear simples ajustada é:

$$\text{Diferença (F)} = 0.3 (\text{radiação solar}) - 10$$

Nos dias em que a radiação solar excede cerca de 350 *Langleys*, a temperatura máxima da superfície de evaporação excede a do ar, enquanto nos dias em que menos radiação é recebida, a superfície da água geralmente não atinge a temperatura máxima do ar. Usando valores para radiação solar e temperatura máxima do ar, a temperatura máxima da superfície da água pode então ser determinada e usada para calcular a pressão de vapor de saturação da água. A umidade relativa mínima e a temperatura máxima do ar são usadas para calcular a pressão de vapor real do ar. A diferença entre os dois é o déficit de pressão de vapor. Em dias ensolarados, quando a temperatura da superfície da água é elevada, a pressão de vapor aumenta, tornando o déficit de saturação maior. A correlação simples entre a evaporação e o déficit de pressão de vapor calculado dessa maneira é 0,779. Em um estudo de evaporação no Canadá, Baier e Robertson (1965) calcularam o déficit de pressão de vapor usando a temperatura média do ar e o ponto de orvalho diário médio. O coeficiente de correlação com a evaporação foi de . 65 nesse estudo. Como, para as mesmas condições médias, pode-se ter grande amplitude do ciclo de temperatura diurna (e grande evaporação) ou pequena amplitude (menor evaporação), a diferença nas correlações é a esperada.

Conforme definido na seção 4, a solução computacional desenvolvida nesta pesquisa utilizou recursos baseados em plataformas gráficas para a criação de uma interface intuitiva e com pouca interatividade para usuário final, proporcionando facilidade na entrada dos dados para a geração das informações necessárias para o acompanhamento da transpiração vegetal. Nesse sentido foi utilizado uma linguagem de programação *open source Lazarus*, sem licenciamento comercial, permitindo o uso e distribuição de forma livre. A interface ainda está em fase de evolução no entanto a versão atual disponibiliza requisitos mínimos para a execução de cálculos baseados em uma entrada de dados manual, conforme apresentado na figura 2, novas versões da interface utilizando banco de dados com valores de referência para outras culturas serão disponibilizados proporcionando mais agilidade nos cálculos e também mais independência para o usuário final que não precisará ter conhecimento a respeito de dados técnicos da cultura a ser acompanhada.

Os resultados foram apresentados em três etapas: Apresentação de métodos para



**Figura 1. Diferença entre a temperatura máxima diária do ar e da água no tanque de evaporação e a radiação solar diária total**

a preparação dos dados relacionados com clima utilizados pela ferramenta proposta para auxiliar técnicos no manejo da produção de feno. Criação do protótipo de uma solução computacional construída por meio de um software para o gerenciamento de banco de dados com interface gráfica para uso na área agrícola em um cenário específico conforme mencionado anteriormente. Por fim os resultados demonstraram as informações fornecidas pela ferramenta computacional validando a sua eficácia de forma satisfatória como um assistente a geração de informações a partir de dados previamente processados para a melhoria na produção de feno.

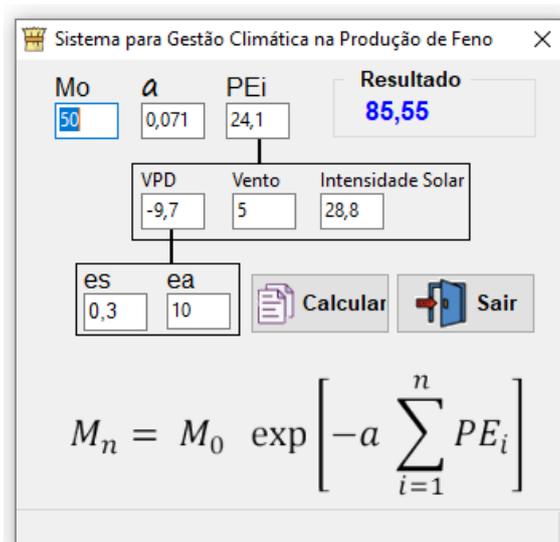


Figura 2. Interface da solução computacional proposta

### 5.1. Considerações Finais

A proposta apresentada nessa pesquisa foi formalizada com o desenvolvimento de uma ferramenta computacional capaz de auxiliar a gestão de dados relacionados com a transpiração especificamente na cultura do feno. Grande parte da dificuldade no desenvolvimento da ferramenta veio da escassez de referências conceituais para auxiliar na criação da interface proposta. A versão atual da ferramenta restringe-se a apresentação do cálculo baseado em variáveis informadas previamente, as mesmas foram identificadas após consultas a referências bibliográficas e técnicos da área específica de irrigação e climatologia. Recomenda-se como trabalhos futuros o uso de APIs externas para acessar repositório de dados meteorológicos em tempo real possibilitando fornecer cálculos com poucas entradas manuais.

### Referências

- Alamin, M. A. A., Malakar, S., Uddin, G., Afroz, S., Haider, T. B., and Iqbal, A. (2021). An empirical study of developer discussions on low-code software development challenges. *2021 IEEE/ACM 18th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*, pages 46–57.
- Coltri, P. P., Pinto, H. S., de Medeiros, Y. O., Hashimoto, K. S., Blasio, G. C. D., Alfonsi, E. L., do Valle Gonçalves, R. R., and Alfonsi, W. M. (2019). Software for agriculture climate risk management focused in smallholders. *bioRxiv*.
- Jas, E. and Pplied, O. O. (2021). Analysis of land use land cover ( lucl ) changes in oluwa forest reserve and its environs.
- Wu, J., Orlandi, F., O’Sullivan, D., and Dev, S. (2021). An ontology model for climatic data analysis. *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, pages 5739–5742.
- Zhelyeznyak, A. and Ptashnyk, V. (2022). Modelling the architecture of a planning system for agricultural enterprises.