



## Sistema de Acompanhamento de Investimentos para Aumento da Rentabilidade e Sustentabilidade do Setor Sucroenergético

**Inácio Henrique Yano (Embrapa Informática Agropecuária)**  
[inacio.yano@embrapa.br](mailto:inacio.yano@embrapa.br)

**Alexandre de Castro (Embrapa Informática Agropecuária)**  
[alexandre.castro@embrapa.br](mailto:alexandre.castro@embrapa.br)

**Adauto Luiz Mancini (Embrapa Informática Agropecuária)**  
[adauto.mancini@embrapa.br](mailto:adauto.mancini@embrapa.br)

**Fábio César da Silva (Embrapa Informática Agropecuária)**  
[fabio.silva@embrapa.br](mailto:fabio.silva@embrapa.br)

*A cana-de-açúcar é uma cultura que tem grande importância econômica para o Brasil, da qual, além do açúcar e diversos outros diversos produtos, produz-se etanol, importante biocombustível, e energia elétrica, pela queima de bagaço nas caldeiras, em função disso a agroindústria canavieira é também conhecida como indústria sucroenergética.*

*Assim como outros setores para continuar mantendo rentabilidade e sustentabilidade o setor sucroenergético depende de investimentos na produção agrícola e industrial e, também, em tecnologia para aumento de produtividade e redução de custos e assim manter-se rentável e sustentável. Devido a escassez de recursos e da dificuldade em se obter crédito, a tomada de decisão sobre investimentos deve ser criteriosa e uma vez feita, a implementação e o retorno do investimento devem ser acompanhados tempestivamente. Nesse sentido um sistema de acompanhamento de investimentos, que seja, acessível por diversas plataformas, seguro e responsivo pode ser de grande utilidade.*

*O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema para acompanhamento de investimentos realizados para aumentar a produtividade ou redução de custos das lavouras de cana-de-açúcar, assim como, nos processos produtivos para produção de etanol, com o intuito de proporcionar maior facilidade no acesso aos dados de desempenho desses investimentos, dando segurança e transparência aos usineiros e investidores e, assim, fortalecer a sustentabilidade do setor sucroenergético.*

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, Etanol, Investimento, Sucroenergético.

## **1. Introdução**

A cana-de-açúcar tem grande importância econômica para o Brasil. Durante séculos, o açúcar foi o principal produto produzido e, mais recentemente, surgiu o etanol com Proalcool, como outro importante produto produzido a partir da cana-de-açúcar. A indústria sucroenergética, além da produção e comercialização do etanol, que é uma fonte renovável e sustentável de energia, produz, também, energia elétrica pela queima de bagaço nas caldeiras (CAMPOS, 2015).

Apesar da produção de alimentos (açúcar) e energia (biocombustível e energia elétrica), parte deste setor vem enfrentando dificuldades, dentre as quais, estão a falta de acesso a recursos financeiros (BASTOS, 2019), aumento do consumo da gasolina em detrimento ao consumo de etanol, câmbio desfavorável, baixa remuneração aos produtos do setor e decisões políticas, como controle de preços sobre os combustíveis, fazendo com que muitas usinas entrassem em situação de recuperação judicial ou falência (NEVES e TROMBIN, 2014).

A falta de crédito tem causado carência de investimento na lavoura, em itens como adubação e correção de acidez, assim como, atrasos na renovação dos canaviais, aliado a fatores climáticos como falta de chuvas têm implicado em redução da produtividade. Demonstrando que investimentos no setor são fundamentais para manter sua rentabilidade e sustentabilidade, evitando sua falência (TREGLE e ZILBERMAN, 2016).

O setor sucroenergético tem grande dimensão econômica e social no Brasil, seja gerando renda e impostos, seja gerando empregos formais e informais, e considerando as adversidades enfrentadas atualmente, pesquisas para a melhoria da produtividade, redução de custos e, por conseguinte, aumento da rentabilidade no setor são muito bem vindas. As melhorias sugeridas como resultado dessas pesquisas asseguram a sobrevivência do setor, garantem o abastecimento de etanol e evitam sua importação (GONÇALVES, 2020).

Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema para acompanhamento dos investimentos realizados tanto para aumentar a produção das lavouras de cana-de-açúcar, como também na maior eficiência nos processos produtivos para produção de etanol, com o intuito de proporcionar maior facilidade no acesso aos dados de desempenho dessas melhorias, dando segurança e transparência aos investidores.

## **2. Exemplos de Melhorias para Aumento de Produtividade do Setor Sucroenergético**

Existem diversas pesquisas e sugestões de melhorias em processos que podem aumentar a produtividade da lavoura e da indústria sucroenergética. Esta seção apresenta algumas dessas sugestões, que uma vez implantadas podem ser acompanhadas pelo sistema proposto neste trabalho.

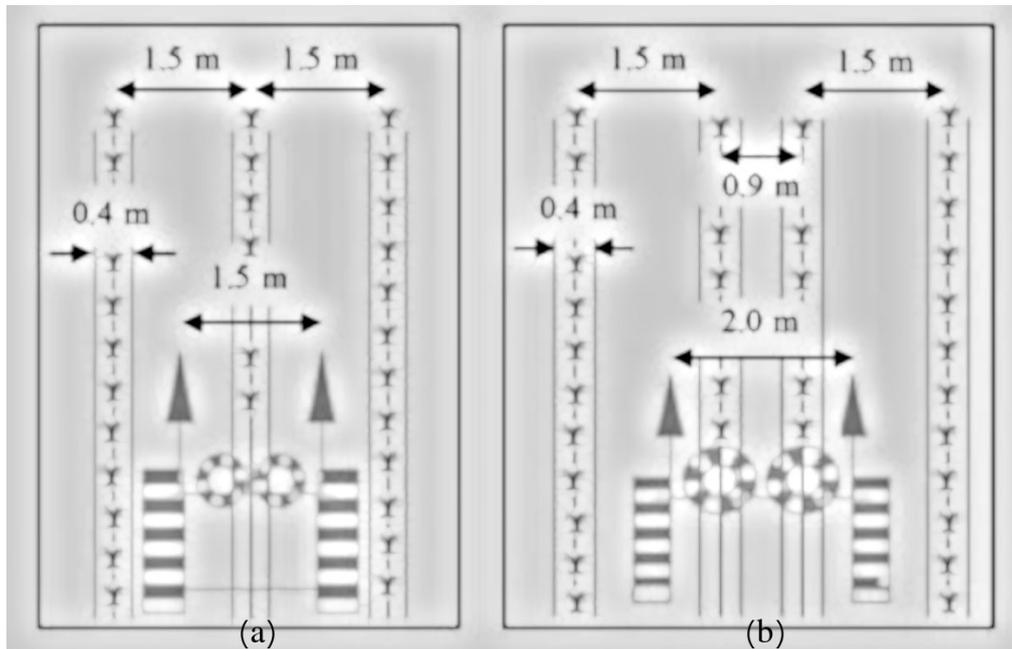
### **2.1. Técnica de Espaçamento Duplo Alternado**

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar vem crescendo em todo o Brasil, seja por processos judiciais que visam proteger a segurança, devido ao risco de incêndios, a legislação do meio ambiente, porque o fogo pode atingir florestas e pela grande emissão de gás carbônico, a saúde e a qualidade de vida das populações urbanas e rurais próximas às lavouras; seja por escassez ou custo de mão-de-obra (RODRIGUES et al., 2007); ou por imposições legais contra a queimada da cana, que está proibida para áreas mecanizáveis desde 2014 e desde 2017 para áreas não mecanizáveis no Estado de São Paulo (NORONHA et al., 2011).

Apesar das vantagens econômicas e ambientais, a mecanização trouxe consigo o problema da compactação do solo, devido a passagem de maquinário pesado na lavoura (ROQUE et al., 2010), o que prejudica a retenção de água e o desenvolvimento das raízes pelas plantas e favorece a erosão (RICHARD et al., 2005).

Uma solução para redução desse problema é fazer uso do manejo com controle de tráfego (SOUZA et al., 2011), ou seja, fazer com que as máquinas circulem com os pneus sobre as entrelinhas da cana-de-açúcar, utilizando piloto automático para reduzir a compactação solo e evitar danos às plantas. Esta forma de circulação pode vir acompanhada de uma modificação no espaçamento, saindo do espaçamento simples (Figura 1a) para o espaçamento duplo (Figura 1b), que permite o uso mais eficiente do maquinário. Tendo também a vantagem de promover o adensamento e conseqüentemente, aproveitar melhor a área da lavoura (ESTEBAN et al., 2019). Trata-se de uma solução que visa a redução de custos com a necessidade de descompactação do solo (DA SILVA et al., 2014; OLIVEIRA FILHO, 2015) e aumento de produtividade pela maior quantidade de plantas presentes na mesma área, bem como, pelo maior desenvolvimento das mesmas, que ocorreria pela compactação do solo.

Figura 1 – Exemplo de espaçamento simples (1a) e espaçamento duplo (1b)



Fonte: GONÇALVES, 2020

## 2.2. Transporte e Descarregamento da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, por se tratar de um produto perecível, necessita de sistemas logísticos eficientes para fazer a integração entre a lavoura e a indústria, objetivando atingir tempos ideais de corte, transporte e armazenamento e minimizando perdas (NEVES et al., 1998).

Visando atender tanto as questões da qualidade da matéria prima a ser processada, quanto a problemas de logística envolvendo grandes filas de caminhões para descarregamento e conseqüentemente ter longos períodos de espera, entre as propostas de melhorias estão os sistemas de agendamento de descarga. Tais sistemas geram previsibilidade de quando o caminhão deva chegar à usina e indo um pouco além, o momento em que devem ser iniciados os trabalhos das colheitadeiras. Isto proporciona economia não só de tempo como também de combustível, além de reduzir os tempos de ociosidade do maquinário (HIGGINS, 2006).

## 2.3. Limpeza a Seco da Cana-de-açúcar

A primeira etapa do processamento da cana-de-açúcar é a limpeza, atividade esta que costumeiramente consome volumes expressivos de água. Esse alto consumo de água tem chamado a atenção de governantes, empresários e órgãos de controle ambiental, no sentido,

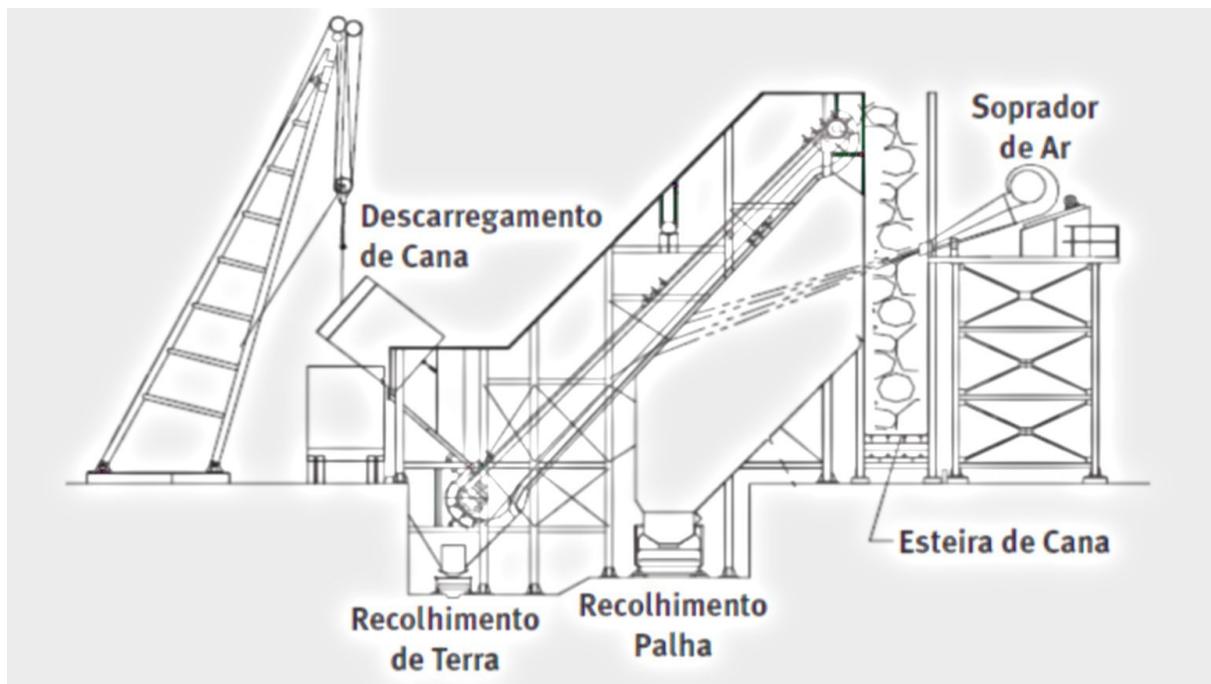
de evitar-se o seu desperdício, que é recurso escasso e cada vez mais caro (GONÇALES FILHO et al., 2019).

A lavagem da cana com água apresenta outro problema, que é perda de sacarose por arraste, por isso, uma melhoria que pode apresentar bons resultados futuros é a utilização da limpeza a seco, que proporciona, entre outros benefícios (MARCONDES e BUENO, 2019):

- economia de água e da captação de recursos hídricos;
- redução da quantidade de palha na cana, cuja presença dificulta a extração e o tratamento do caldo, alterando a coloração do açúcar e inibindo o processo de fermentação;
- economia de energia, pois os equipamentos utilizados são de baixa potência;
- maiores ganhos na cogeração de energia elétrica;
- menores custos de manutenção e operação de equipamentos.

A Figura 2 apresenta um projeto de sistema de limpeza com sopragem e câmara de descompressão. Nesse sistema, a primeira etapa após o descarregamento da cana é a separação de impurezas minerais por peneiras. A cana então segue por uma esteira elevatória e ao final desta sofre uma queda, passando por um soprador, que separa a palha dos colmos da cana (GONÇALVES, 2020). A implementação de sistemas como este requer vultuosos investimentos, justificando a necessidade de sistemas de acompanhamento, que podem ser de grande valia para atração de investidores para o setor sucroenergético.

Figura 2 – Projeto de Sistema de Limpeza a Seco



Fonte: GONÇALVES, 2020

Existem outros diversos investimentos que podem ser implementados para redução de custos ou aumento da produtividade das lavouras e das usinas de cana-de-açúcar, nas diversas etapas dos processos produtivos, tais como, extração de açúcares, tratamento e concentração do caldo, fermentação e destilação e que podem ser melhor avaliados com o uso de sistemas de acompanhamento, que permitem análises pontuais, bem como, panorâmicas dos investimentos realizados.

### 3. Material e Métodos

Nesta seção serão apresentados os requisitos técnicos para o desenvolvimento do sistema, assim como, as funcionalidades planejadas para este sistema.

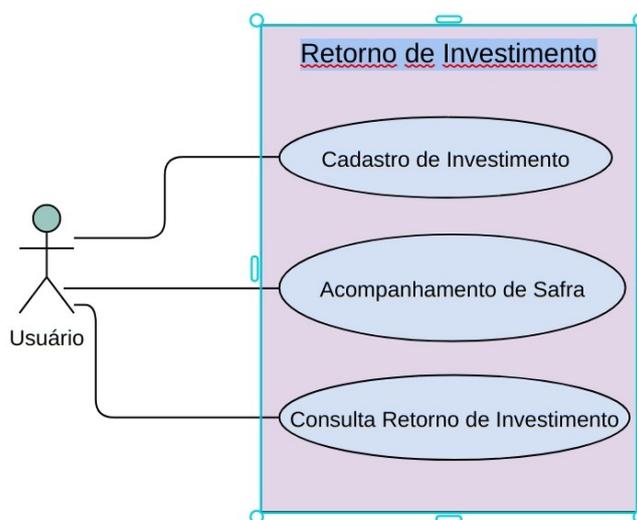
#### 3.1. Diagrama de Casos de Uso

A Figura 3 apresenta o diagrama de casos de uso do Sistema de Acompanhamento e de Retorno de Investimentos. Existem três atividades principais que são:

- o Cadastro de Investimento na qual serão gravados todos os dados referentes ao investimento, principalmente a descrição e o valor investido;

- o Acompanhamento do Investimento para armazenamento dos dados das safras, como o valor da produção e o incremento na renda devido ao investimento, entre outros dados da safra;
- a Consulta Retorno do Investimento para visualização analítica dos dados do investimento, os dados de produção por safra e indicadores de desempenho para auxílio na tomada de decisões.

Figura 3 – Diagrama de Casos de Uso do Sistema de Acompanhamento e Retorno de Investimento



Fonte: Próprios autores

### 3.2. Ambiente de Desenvolvimento

Este sistema foi desenvolvido no framework multiplataforma Ruby on Rails<sup>1</sup>, que provê um ambiente com estrutura de diretórios pré-definida e permite rápido desenvolvimento de aplicações.

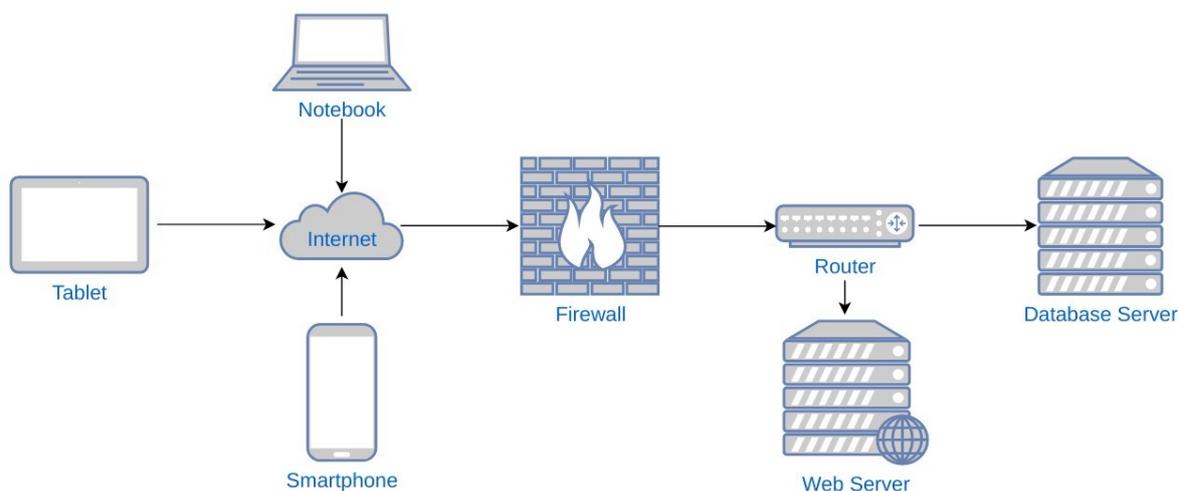
Todos os projetos cadastrados ficam dispostos na página inicial do sistema (Figura 5), a partir da qual cada projeto listado é um link para acesso aos dados analíticos do investimento (Consulta Retorno do Investimento) como para cadastramento de novos investimentos (Cadastro de Investimento), bem como, os dados de acompanhamento das safras e indicadores de desempenho ou cadastramento de novas safras (Acompanhamento de Safra), conforme descrito no diagrama de casos de uso.

<sup>1</sup> Ruby on Rails é um framework que foi lançado em 2004, sendo código aberto e licenciado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT). Este framework é próprio para o desenvolvimento de aplicações web orientados a banco de dados e trabalha com o conceito de arquitetura MVC (Model-View-Controller). Maiores informações podem ser obtidas no site oficial do Ruby on Rails <https://rubyonrails.org/>

### 3.2. Infraestrutura Computacional

A Infraestrutura Computacional está ilustrada na Figura 4, que foi idealizada para acesso e manutenção dos dados a partir de diversos dispositivos (computador, notebook, tablet, telefone celular). Este sistema poderia ser implementado em planilhas eletrônicas, mas sem a mesma facilidade de acesso e organização das informações, uma vez que no sistema podem ficar disponíveis vários projetos de investimento, já em uma planilha seriam necessárias várias abas, sem a mesma facilidade visualização, navegação e controle de permissões dos usuários. Ainda, conforme Figura 4, o website ficará disponível na Internet, protegido por um Firewall e os dados ficarão em um servidor de banco de dados Sqlite.

Figura 4 – Infraestrutura Computacional do Sistema de Acompanhamento e Retorno de Investimento



Fonte: Próprios autores

### 4. Resultado

O resultado deste trabalho é um sistema web acessível de diversos dispositivos. Uma das vantagens da utilização de um sistema ao invés de planilhas eletrônicas é justamente a organização e responsividade que o sistema permite no acesso aos dados, principalmente, considerando acessos via smartphone, cuja navegação em planilhas é dificultada pelas dimensões da tela.

A Figura 5 mostra a tela de Relação de Investimentos Implementados, a partir da qual tem-se acesso aos detalhes do investimentos realizados pela usina e os respectivos acompanhamentos dos resultados das safras do respectivo investimento (Figura 6). Assim os resultados das safras podem ser rateados entre os investimentos de forma ponderada ou seguindo a determinação do usuário. O importante é a possibilidade de visualização de quais

investimentos apresentaram os melhores resultados, para auxílio na decisão de novos investimentos futuros ou ampliação dos já existentes.

Figura 5 – Consulta Retlação de Investimentos Implementados

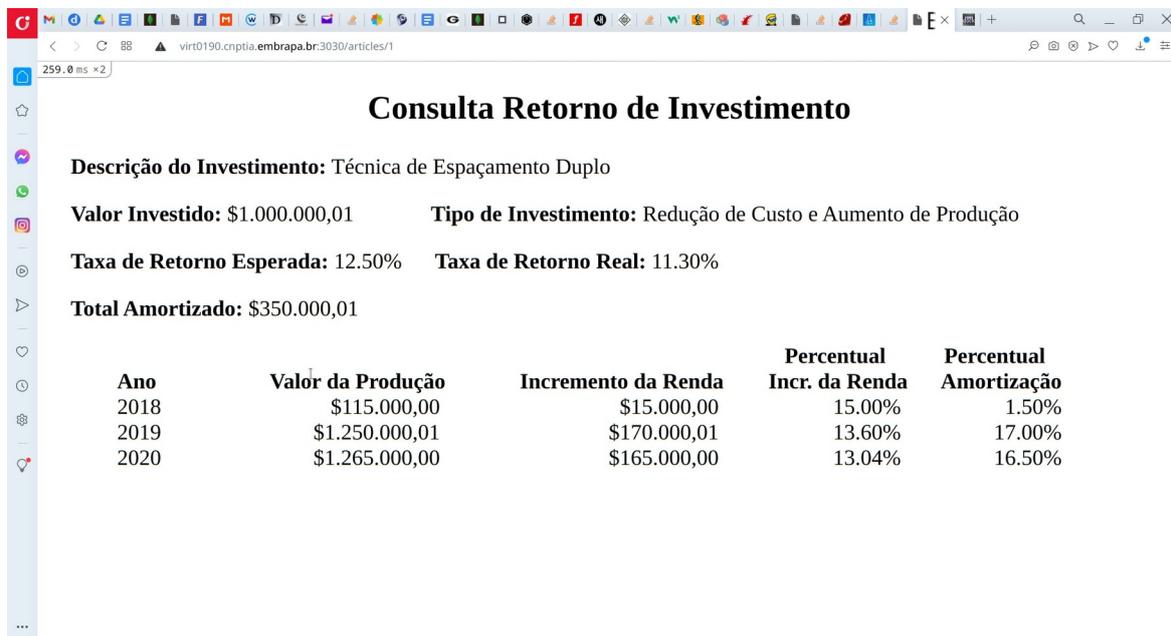


Fonte: Próprios autores

A Figura 6 apresenta a tela de Consulta Retorno do Investimento, de forma que é possível o usineiro ou investidor acompanhar o desempenho da melhoria implementada. Contém a descrição do investimento, se o objetivo da implementação do mesmo é a redução de custos ou aumento de produtividade ou ambos, o valor investido, a taxa de retorno esperada antes da tomada de decisão de realizar o investimento, a taxa de retorno real apurada de acordo com os resultados das safras e contém, também, o valor amortizado do investimento.

Apresenta também o resultado das safras no decorrer dos anos (valor da produção) para que seja possível acompanhar o desempenho em campo (incremento na renda), fazer uma avaliação da safra específica para cada ano, verificar se o retorno está de acordo com o esperado (percentual de incremento na renda) e, também, quanto que a respectiva safra contribuiu para amortização do investimento. Contribuindo para análise analítica do investimento e estudos de possíveis ajustes e revisão da viabilidade do investimento.

Figura 6 – Consulta Retorno de Investimento



Fonte: Próprios autores

## 5. Considerações Finais

A sustentabilidade do setor sucroenergético depende de constantes aprimoramentos nos processos produtivos, afim de reduzir custos e aumentar a produtividade. No entanto, a implementação de novos procedimentos produtivos envolve custos e investimentos, que tem de ser abarcados por usineiros ou investidores. Torna-se, portanto, fundamental o controle sobre o retorno desses investimentos, como forma de fomentar novas implementações e/ou realizar revisões e ajustes, nesse sentido um sistema que facilite o acompanhamento dos resultados alçados por tais investimentos é de suma importância e é a contribuição deste trabalho.

Sistemas de acompanhamento como este podem ser substituídos por planilhas eletrônicas, no entanto, tais planilhas não oferecem a mesma facilidade de acesso como um sistema on-line, desenvolvido para ser escalável conforme novos procedimentos vão sendo implementados. Além disso, permitem incorporar responsividade, agilidade na navegação e controle de acesso personalizado de maneira muito mais granular que as planilhas eletrônicas. Tornando o acompanhamento mais efetivo e seguro e, conseqüentemente, a tomada de decisões mais assertivas.

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de impulsionar a busca de novas soluções ou melhorias para aumento da rentabilidade e sustentabilidade do setor sucroenergético

brasileiro. A implementação dessas novas soluções e melhorias depende do vislumbamento de bons resultados futuros, para que investidores e usineiros optem por tais soluções, cujo retorno vai acontecer em médio e longo prazos e, portanto, precisam ser acompanhados, como forma de verificar se a rentabilidade real iguala-se ou supera a esperada e com isso incentivar ou não novos investimentos.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, André da Cunha. Dinâmica espacial e análise de sobrevivência no setor sucroenergético do Brasil: 2001-2016. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAMPOS, Natália Lorena. Políticas de estado no setor sucroenergético. *Geo UERJ*, n. 26, p. 301-328, 2015.

DA SILVA, José SEVERINO et al. O processo de contabilização dos custos de implantação da cana-de-açúcar na Miriri Alimentos e Bioenergia S/A. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*. 2014.

ESTEBAN, Diego Alexander Aguilera et al. Soil compaction, root system and productivity of sugarcane under different row spacing and controlled traffic at harvest. *Soil and Tillage Research*, v. 187, p. 60-71, 2019.

GONÇALVES, Felipe de Oliveira et al. Análise da produção de etanol visando soluções para melhorar a eficiência econômica e ambiental. 2020.

GONÇALES FILHO, Manoel; DELBONI, Clóvis; DA SILVA, Reinaldo Gomes. Investigação dos desperdícios no procedimento de limpeza da principal matéria prima da usina de açúcar e etanol. *Brazilian Journal of Business*, v. 1, n. 4, p. 1576-1591, 2019.

HIGGINS, Andrew. Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: A case study at an Australian sugar mill. *European journal of operational research*, v. 170, n. 3, p. 987-1000, 2006.

MARCONDES, Luana Arroyo; BUENO, Silvia Messias. PROCESSO DE LAVAGEM A SECO DE CANA-DE-AÇÚCAR. *Revista Científica*, v. 1, n. 1, 2019.

NEVES, Marcos Fava; TROMBIN, Vinícius Gustavo. A dimensão do setor sucroenergetico. 2014.

NEVES, Marcos Fava; WAACK, Roberto Silva; MARINO, Matheus Kfour. Sistema agroindustrial da cana-de-açúcar: caracterização das transações entre empresas de insumos, produtores de cana e usinas. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural. 1998. p. 559-572.

NORONHA, Rafael Henrique de Freitas et al. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. *Bragantia*, v. 70, n. 4, p. 931-938, 2011.

OLIVEIRA FILHO, Francisco X. de et al. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 186-193, 2015.

RICHART, Alfredo et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.

RODRIGUES, Euripedes Bomfim; ABI SAAB, Otavio Jorge Grigoli. A valiação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) na região de Bandeirantes-Pr. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 4, p. 581-588, 2007.

ROQUE, Antoniane Arantes de Oliveira et al. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 7, p. 744-750, 2010.

SOUZA, Gustavo Soares de et al. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 47, n. 4, p. 603-612, 2012.

TREGEGGLE, Daniel; ZILBERMAN, David. *The Yield Dynamics of Perennial Crops: An Application to Sugarcane in Brazil*. 2016.