



**Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR  
Departamento de Tecnologia Sucoalcooleira-DTS**



## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**JOSE DA SILVA PAIVA**

**FERRAMENTA DE GESTÃO DE PERDAS E CUSTOS DAS  
IMPUREZAS MINERAIS E VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE ETANOL**

João Pessoa-PB

2017



**Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR  
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira–DTS**



**JOSE DA SILVA PAIVA**

**FERRAMENTA DE GESTÃO DE PERDAS E CUSTOS DAS  
IMPUREZAS MINERAIS E VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE ETANOL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira.

João Pessoa, PB

**2017**

P149f Paiva, José da Silva

Ferramenta de gestão de perdas e custo das impurezas minerais e vegetais na produção de etanol. [recurso eletrônico] / José da Silva Paiva. -- 2017.

39 p.: il.: color. + CD.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Orientador: Prof. Dra. Joelma Moraes Ferreira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Tecnologia em Produção Sucoalcooleira) – CTDR/UFPB.

1. Produção de etanol. 2. Impurezas minerais e vegetais. 3. Ferramenta de gestão. I. Ferreira, Joelma Moraes. II. Universidade Federal da Paraíba. III. Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional. IV. Título.

CDU: 658.5(043)

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TECNOLOGIA EM  
PRODUÇÃO SUCROALCOOLEIRA**

TCC aprovado em 28/11/17 como requisito para a conclusão do curso de  
Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

**BANCA EXAMINADORA:**



---

Prof. Dr. Joelma Morais Ferreira

(UFPB – Orientador(a))



---

Prof. Dr. Erika Adriana de Santana Gomes

(UFPB – Membro interno)



---

Prof. Dr. Pablo Nogueira Teles Moreira

(UFPB – Membro Interno)

## DEDICATÓRIA

A Deus acima de Tudo, *in memoriam* minha mãe, meus filhos e esposa sempre com carinhos e incentivos. A empresa que trabalho, na pessoa dos Diretores e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço como sempre ao onipotente Senhor pela graça de realizar esse trabalho;

A minha família pelo total apoio;

Aos meus colegas de trabalho que de uma forma atenciosa contribuíram para o êxito desse trabalho: Luiz Henrique, Diego Bezerra, Belarmino Junior, Isidro Gonzales, como também o empresário Dr. Belarmino, que com prestimosidade compartilhou suas experiências e conhecimentos, contribuindo de uma forma direta para minha formação;

A Professora Dra. Joelma M. Ferreira orientadora e incentivadora desse projeto, como também Professora Dr<sup>a</sup>. Erika Adriana S. Gomes competente profissional na área sucroalcooleira, ao Professor Dr. Pablo Nogueira e a todos os professores e ex-professores do Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba, que me acompanharam ao longo desse curso de graduação. Nosso grande companheiro Professor Dr. Fábio Resende e seu companheiro Professor Dr. Kelson Carvalho, que me incentivaram constantemente para conclusão dessa graduação. Aos demais professores de outros Departamentos e ao nosso amigo Professor Dr. Jailson Ribeiro (DEP);

A todos os meus colegas, seres humanos inesquecíveis, que com certeza farão parte da minha história;

Aos meus pais, *in memoriam*, em especial minha amada mãe.

E a todos que de alguma forma participaram deste trabalho.

Agradeço humildemente.

## RESUMO

A expansão da cultura canavieira e sua evolução tecnológica, tem sido uma preocupação constante do setor sucroenergético, otimizando a produção de etanol e açúcar de forma competitiva. Inovações tecnológicas nas áreas agrícola e industrial aumentaram a competitividade do setor sucroalcooleiro no país sendo evidenciado pela redução dos custos de produção, que se tornaram um grande diferencial. Nesse contexto a colheita da cana-de-açúcar no Brasil está em evolução com relação ao sistema tradicional de colheita manual de cana inteira com queima prévia para a colheita mecanizada de cana picada sem queima do canavial. Essas mudanças geram alterações nos processos da fabricação de etanol e açúcar as quais precisam de monitoramento, visando a redução de custos e a otimização. O etanol é um dos principais derivados da cana-de-açúcar, com parcela significativa da utilização como combustível e a sua queima auxilia na redução dos gases causadores do aquecimento global. A avaliação das variáveis que afetam os custos e a eficiência nas usinas precisam de objetividade para reduzir os custos. Neste trabalho foi desenvolvido uma ferramenta, utilizando planilhas elaboradas com auxílio do software Excel versão 2017 e o aplicativo em java com banco de dados SQLite capaz de quantificar as perdas financeiras diárias causadas pelas impurezas vegetais e minerais. Com a utilização dessa ferramenta é possível avaliar a redução direta na produtividade de etanol, enviando essas informações por aplicativo móvel em celulares e smartphones, produzindo avaliações mais rápidas e eficazes, para a redução dos custos no processo de produção de etanol. O estudo foi validado por meio de estudos de dados do recebimento da cana obtidos em uma destilaria não identificada, localizada na Paraíba, utilizando metodologias da própria usina. A forma como os dados obtidos foram avaliados é inovadora e promissora para a redução dos custos referente as impurezas vegetais e minerais.

**Palavras-chave:** produção de etanol, impurezas minerais e vegetais, custos, ferramenta de Gestão.

## ABSTRACT

The expansion of the sugarcane crop and its technological evolution has been a constant concern of the sugarcane industry, optimizing the production of ethanol and sugar competitively. Technological innovations in the agricultural and industrial areas have increased the competitiveness of the sugar and alcohol industry in the country, evidenced by the reduction of production costs, which have become a great differential. In this context the sugarcane harvest in Brazil is in evolution with respect to the traditional manual harvesting system of whole cane with previous firing for the mechanized harvest of cane chopped without burning of the cane field. These changes lead to changes in the ethanol and sugar manufacturing processes that need to be monitored, aiming at cost reduction and optimization. Ethanol is one of the main derivatives of sugarcane, with a significant portion of its use as fuel and its burning helps to reduce the gases that cause global warming. The evaluation of the variables that affect costs and efficiency in the plants need objectivity to reduce costs. In this work a tool was developed, using worksheets elaborated using Excel software version 2017 and the java application with SQLite database capable of quantifying the daily financial losses caused by the impurities of plants and minerals. With the use of this tool it is possible to evaluate the direct reduction in ethanol productivity, sending this information by mobile application in mobile phones and smartphones, producing faster and more efficient evaluations, to reduce costs in the ethanol production process. The study was validated through studies of sugarcane harvesting data obtained from an unidentified distillery, located in Paraíba, using methodologies from the sugar mill itself. The way the data obtained was evaluated is innovative and promising for the reduction of costs related to impurities in plants and minerals.

**Keywords:** ethanol production, mineral and vegetable impurities, costs, Management tool

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Corte manual de cana de cana-de –açúcar .....	17
Figura 2: Colheita mecanizada.....	18
Figura 3: Impurezas minerais aderidas a cana.....	20
Figura 4: Impurezas Vegetais junto a cana. ....	20
Figura 5: Amostras de cana de açúcar coletadas no campo.....	26
Figura 6: Comparação das impurezas quantificadas com as metas diárias.....	29
Figura 7:Comparativo entre as perdas referente as impurezas.....	30
Figura 8: influência das impurezas no ATR.....	31
Figura 9:Boletim diário, perdas financeiras impurezas e etanol .....	32
Figura 10:distância entre as palhas e a cana.....	34
Figura 11:cana com baixa produtividade.....	35
Figura 12:movimento da carregadeira escorrendo a terra .....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Redução do ATR pelas impurezas da cana .....	25
Tabela 2: Perdas com o aumento da impureza vegetal .....	25
Tabela 3: Identificação das amostras colhidas no campo. ....	26
Tabela 4: Análises físico-químicas da cana colhida para quantificação da perdas. .	28

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**AFOCAPI** (Associação dos Fornecedores de Cana de Piracicaba)

**ART:** Açúcares Redutores Totais

**AR:** Açúcares Redutores

**Brix:** Porcentagem em massa de sólidos solúveis contida em uma solução de sacarose quimicamente pura.

**ha:** Hectare

**Pol:** Porcentagem em massa de sacarose aparente, contida em uma solução açucarada de peso normal, determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada.

**PCTS:** Pagamento de cana por teor de sacarose

**PBU:** Peso do bolo úmido

**pH:** Percentual Hidrogeniônico

**t/dia:** tonelada de cana por dia

**APP Store:** É um serviço para o iPhone, iPod Touch e iPad criado pela Apple Inc., que permite aos usuários navegar e fazer download de aplicativos da iTunes Store.

**AEAC:** Álcool Etílico Anidro Carburante

**AEHC:** Álcool Etílico Hidratado Carburante

**I.V.:** Impurezas Vegetais

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1 Impurezas da cana de açúcar decorrente da colheita .....	19
2.2 Análise de Custos.....	21
3 MATÉRIAS E MÉTODOS.....	23
3.1 Coleta de Dados da Destilaria .....	23
3.2 Levantamento das equações para elaboração da planilha eletrônica .....	23
3.2.1 Análises de Impurezas .....	23
3.2.1.1 Método de Análise de Impureza Vegetal.....	23
3.2.1.2 Método de Análise de Impureza Mineral .....	24
3.2.1.3 Pesquisa sobre perdas de ATR por impurezas .....	24
3.2.1.4 Estudo comparativo com os dados fornecidos pela destilaria .....	26
3.3 Desenvolvimento da ferramenta baseada na planilha eletrônica.....	27
3.4 Desenvolvimento do aplicativo .....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Análises das amostras de cana retiradas do campo .....	28
4.2 Dados de produção de etanol provenientes da destilaria .....	28
5 CONCLUSÃO.....	33
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	34
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
ANEXO.....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com grande relevância para o agronegócio brasileiro. O aumento da demanda mundial por etanol com sua matéria prima de fontes renováveis e as condições edafoclimáticas bastante favorável à cana-de-açúcar, tornam o Brasil um país promissor, com um potencial para não ser só o maior em extensão, mas principalmente em volume mundial para exportação (CONAB, 2016).

A cana-de-açúcar é considerada a alternativa mais rentável para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial de área agrícola plantada destinada a produção de etanol e seus subprodutos. Além da produção de etanol, açúcar e subprodutos, as unidades sucroenergéticas tem buscado operar com maior eficiência, inclusive na cogeração de energia elétrica, reduzindo os custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade sucroalcooleira.

Em todas as etapas da colheita da cana-de-açúcar até a saída dos produtos finais da usina, ocorrem perdas de matéria-prima e de açúcar. Uma parte dessas perdas acontece diretamente no corte basal e as outras, indiretamente, devido à perda de eficiência industrial provocada pela presença de impurezas.

Segundo Brotherdon (1980) o conteúdo estranho presente na matéria-prima oriunda de uma colhedora de cana constitui-se de material vegetal e de material mineral. As impurezas entram na indústria pelo carregamento da cana, independente da sua forma de colheita, também denominada de “matéria estranha”, não colmos”, (CALDAS, 2012).

O nível aceitável de impurezas depende de cada empresa, das condições de operações e do controle de qualidade, tendo em vista que é impossível transportar matéria prima para a usina, ausente de terra, folhas, ponteiros entre outras, independente se é mecanizada ou manual (CALDAS et al., 2012).

Impurezas vegetais são em sua maioria as partes da própria cana, como: ponteiros (desponte irregular), folhas verdes e secas, canas ressecadas, raízes área, rizomas (parte subterrânea), como também as ervas daninhas envolvidas na cana, como a parte indesejada dos canaviais. A presença das impurezas vegetais é impactante em vários setores da usina, algumas são mais claras e específicas quando se compara diretamente as variáveis tecnológicas como: redução do pol, aumento da

fibra da cana, e redução da eficiência de preparo, perda de capacidade de moagem e eficiência de extração, maior arraste de sacarose com o aumento da quantidade de bagaço. (LEAL, 2017). Com relação a impureza vegetal, a maior influência dar-se quando a colheita é mecanizada, ou quando o canavial apresenta produtividade abaixo de 30 toneladas por hectare, por falta de tratos culturais, controle de ervas daninhas nativas, logo tais plantas tornam-se a principal impureza vegetal.

As impurezas minerais são em sua maioria, terra (solo) e pedras vindas com os colmos no carregamento mecanizado (CALDAS & FERNANDES 2011). Excesso de impureza mineral na cana, eleva o custo de manutenção, perdas de açúcar, reduz a capacidade de moagem reduzindo a pega, reduz a capacidade calorífica do bagaço, induzindo ao uso de combustíveis suplementares (REIN, 2013).

A quantidade e o tipo de impurezas que chegam na usina junto com a matéria-prima dependem de vários fatores, os mais importantes são: o sistema de produção, a qualidade do corte, carregamento e transporte, além das condições ambientais (ARAUJO & YATES, 1996). A terra por exemplo, não é medida especificamente na grande maioria das indústrias sucroalcooleira, principalmente no Nordeste, por não ser fácil, nem rápido de obter-se o resultado. Porém a mesma tem um efeito bastante significativo nos custos, por afetar diretamente a produção (REIN, 2013).

A quantidade e o tipo de impureza presente na matéria-prima também influencia diretamente nas variáveis tecnológicas, sendo: Brix, Pol, açúcares redutores e cinzas (IFSP, 2016). A presença de tais impurezas, na extração da moenda pode ocasionar grandes perdas na eficiência, a porcentagem da mesma pode alcançar até 1% da extração máxima da moenda durante a safra devido à depreciação de seus componentes. No processo, podem causar desgastes, nos desfibradores, bombas, tubulações, regeneradores de calor e aquecedores entre outros. As usinas, principalmente aqui do Nordeste, independente do seu porte, precisam tratar no do processo, seja no campo, indústria ou da administração dos custos, como realmente questão de sobrevivência (OLIVEIRA, 2017).

A forma como o mercado vem tratando os produtos oriundos das usinas, alavancado por faltas de políticas públicas consistentes a longo prazo, leis locais e nacionais específicas para reduzir ao máximo a queima da cana, e implementação das colheitadeiras por exemplo, vem obrigando os produtores reduzirem os custos com todo empenho, desenvolvendo novas tecnologias capazes de identificar com

mais eficiência, as variáveis que afetam diretamente seus processos e consequentemente suas eficiências.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 *Objetivo Geral*

O Objetivo geral desse trabalho foi desenvolver uma ferramenta para quantificar as perdas diárias provenientes das impurezas vegetais e minerais durante o processo de produção de etanol, visando uma maior eficiência da redução dos custos.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- ✓ Captar dados diários da destilaria com relação ao nível das impurezas vegetais e minerais;
- ✓ Realizar um levantamento de todos os cálculos e equações necessárias para alimentar a ferramenta a ser desenvolvida na planilha eletrônica (Microsoft Excel);
- ✓ Fazer um experimento comparativo com os dados de produção de etanol fornecidos pela destilaria e os dados coletados no recebimento da cana;
- ✓ Desenvolver uma ferramenta baseada em planilha eletrônica (*Microsoft Excel*) para mensurar e demonstrar de forma rápida e objetiva as perdas diárias causadas pela influência das impurezas vegetais e minerais recebidas como matéria-prima durante a produção de etanol;
- ✓ Calcular através da ferramenta desenvolvida os custos inerentes a presença das impurezas vegetais e minerais na produção de etanol;
- ✓ Adaptar a ferramenta desenvolvida de modo que ela possa ser acessada *on line*, via aplicativo móvel, disponível, a priori, na plataforma Android, permitindo maior praticidade e decisão gerencial.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção sucroalcooleira é favorecida no Brasil pelo clima favorável, extensa quantidade de terra disponível e o solo fértil para a produção de cana-de-açúcar.

Na indústria, a cana-de-açúcar pode ter dois destinos: a produção de açúcar ou a produção de álcool. Por apresentarem uma grande variedade de operações unitárias e dependerem de capacidades e técnicas específicas, os processos de produção do açúcar e do álcool são considerados de alta complexidade, uma vez que a produção vai desde o plantio e cultivo da cana de açúcar até a purificação e distribuição do etanol e açúcar gerados.

O processo de fabricação de açúcar e álcool visa, sinteticamente, à extração do caldo contido na cana, seu preparo e “concentração”, culminando nos vários tipos de açúcares conhecidos, como: demerara, mascavo, cristal, refinado, líquido, VHP, etc. O mesmo caldo, preparado de forma específica, resulta, através da fermentação microbiológica, com posterior destilação, no álcool etílico, fornecido nas opções: anidro ou hidratado (FONSECA, 2014).

O etanol (ou álcool etílico) é produzido principalmente através de duas vias; a primeira denominada “química” na qual é obtido através da hidratação do eteno; e a segunda, “bioquímica”, em que é obtido da fermentação de açúcares presentes em biomassa vegetal por microrganismos (AMORIM, 2005)

A evolução do processo de fermentação e destilação tem início com a qualidade da cana de açúcar, a qual não compromete a condução normal de um processo de fermentação e gera menos problemas na centrifugação do vinho ou na destilação. Além da qualidade intrínseca da matéria-prima, é necessário que haja o tratamento do caldo para eliminação das impurezas grosseiras, partículas coloidais, contaminantes microbianos além da preservação dos nutrientes.

De acordo com Ribeiro *et al* (1999) a qualidade da cana, eficiência da lavagem da cana, preparo da cana para moagem, assepsia da moenda e condução do processo fermentativo, são fatores que estão diretamente ligados no rendimento de uma destilaria.

A cana de açúcar é colhida ao atingir a maturação ideal e sua colheita pode ser realizada de forma manual ou por colheitadeiras mecânicas (COPERSUCAR, 1999 *apud* Pinto, 2010). Geralmente a colheita é precedida por um estágio de queima.

Quando a colheita é feita de forma manual (Figura 1), com facões, a queima previne que os trabalhadores rurais se cortem com as folhas afiadas da planta, facilitando o corte, além de matar animais peçonhentos que oferecem risco aos cortadores. Nesse tipo de colheita os maiores focos de impurezas são:

- A disposição da palha distante da fileira de cana,
- Corte do ponteiro fora do padrão,
- Ervas daninhas resultante de um canavial malcuidado, terra, pedras, e tocos, arrastados pela carregadeira no momento em que o rastelo junta a esteira de cana, para em seguida levar ao caminhão.

Figura 1: Corte manual de cana de cana-de-açúcar



Fonte: Autor, 2017.

Quando a colheita é mecanizada, o benefício da queima é o aumento do rendimento das colhedoras, reduzindo o arraste de terra e o desgaste dos equipamentos. Por outro lado, a queima tem a desvantagem de lançar uma grande quantidade material particulado no ar, que pode ser correlacionada com um aumento de problemas respiratórios nas pessoas que moram em regiões próximas, além de aumentar as perdas de açúcares e destruir a palha.

O sistema de colheita mecanizada (Figura 2) pode ser com cana inteira ou picada. As que cortam inteiras deixam as canas no chão onde são cortados os ponteiros, aguardando o carregamento. Na cana picada a colhedora corta em pedaços de 150 a 300 mm de comprimento, onde são depositados direto no reboque ou nos transbordos (REIN, 2013). A colheita de cana mecanizada, aumenta os índices

de impurezas com destaque para a impureza vegetal, reduzindo a qualidade das variáveis tecnológicas da cana de açúcar, elevando assim os custos de produção de etanol e açúcar (NEVES *et al*, 2006).

Figura 2: Colheita mecanizada



Fonte: Autor, 2017.

Nos últimos anos, mesmo com a obrigação da implantação da colheita mecanizada, as áreas onde a topografia é acidentada e inclinada a colheita mecânica não é a opção correta, em função dos seus limites nesse tipo de terreno. Na maioria dos casos o corte manual reduz muito as impurezas, e conseqüentemente aumenta a qualidade da matéria prima (BRASSOLATTI *et al*, 2016).

A cana coletada, normalmente é transportada para a fábrica por caminhões, lá os caminhões são pesados e o peso da cana é obtido subtraindo-se o peso do caminhão vazio. De dentro do caminhão também são retiradas amostras de cana para análise de sua composição em laboratório, uma vez que é o teor de açúcar encontrado nas amostras que determina o valor do pagamento oferecido ao fornecedor por quilograma de cana. A cana a ser processada é posicionada em mesas alimentadoras, onde é transportada em esteiras que a conduzem para a lavagem. É evidente que a cana retirada do canavial pode carregar consigo uma quantidade muito grande de sólidos (chegando a atingir até 10% do peso da matéria prima), que além de

produzirem açúcar e mel residual de mais baixa qualidade, pode acarretar sérios problemas para a clarificação do caldo. Por isso antes de seu processamento ela necessita passar por um processo de limpeza ou ter um processo de colheita diferenciado de modo que a quantidade de impurezas carreadas seja menor.

A lavagem é importante para remover materiais estranhos à planta como terra, areia e outras impurezas recolhidas durante a colheita, que podem prejudicar os processos de produção de açúcar e álcool, como também a vida útil dos equipamentos. Geralmente a lavagem se dá com água em circuito fechado, mas esse processo tem a desvantagem de provocar perdas consideráveis de açúcares (até 2%), principalmente quando a cana é colhida mecanicamente, já que ela chega à usina picada e, portanto, com maior área superficial exposta (DIAS *et al*, 2012). Para evitar essas perdas e também economizar água, a lavagem vem sendo substituída gradativamente por operações de limpeza a seco, principalmente onde a colheita é mecanizada.

Os índices de impureza de cana picada na colheita mecanizada, são 2,7 vezes maiores que no corte manuais, (MARQUES *et al.*, 2013). Apesar que a mecanização da colheita da cana-de-açúcar não só aumenta o rendimento operacional do procedimento, como também reduz seu impacto ambiental, por dispensar a queima de resíduos. Segundo (CALDAS *et al*, 2012).

O processo de colheita mecanizada, não é apenas uma troca de manual para mecanizado, existem outros fatores que devem ser levado em consideração, para a implantação correta desse sistema, com custos dentro dos parâmetros, considerando: corte de carregamento, transporte, mão de obra dispensada a qual depende dessa atividade de trabalho em muitas regiões (MIALHE & RIPOLI, 1975).

## **2.1 Impurezas da cana de açúcar decorrente da colheita**

A quantidade e o tipo de impurezas junto com a matéria prima, dependem de vários fatores do sistema de produção, do tipo e qualidade do corte, carregamento e transporte, como também das condições climáticas, (LARRAHONDO, *et al.* 1998, *apud* MARQUES, *et al*, 2008). As impurezas podem ser de origem mineral (Figura 3) e vegetal (Figura 4). Porém as principais impurezas vegetais vêm da própria cana,

são folhas verdes e secas, palmito, ervas daninhas do próprio canavial, terra galhos de arvores entre outros, (CALDAS *et al*, 2012).

Figura 3: Impurezas minerais aderidas a cana.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 4: Impurezas Vegetais junto a cana.



Fonte: Autor, 2017.

Folhas secas não trazem açúcares para Indústria e dificultam a extração da sacarose presente nas fibras da cana, e ainda conduz açúcares para a caldeira. Outras impurezas são frações minerais como terra ou até mesmo algum metal de

implementos agrícolas que são levados juntamente com a cana para a indústria, (NUNES, 2003).

A terra é uma das principais impurezas presentes na cana a ser moída, além de elevar os custos de transporte e de manutenção de vários equipamentos que fazem parte da preparação e extração do caldo na usina, reduzindo assim a eficiência de moagem e a extração de sacarose (VOLPATO, 2001). Não obstante, a presença de terra na cana aumenta a ocorrência de bactérias que causam problemas no processo como um todo, mas em especial na fermentação, diminuindo a produção de etanol (AMORIN *et al.*, 2000).

Muller *et al.* (1982) lista os problemas operacionais da presença de impurezas na matéria-prima da seguinte maneira: transporte de material adicional até a fábrica; redução na capacidade efetiva do esmagador; requerimento adicional na capacidade de filtragem e perdas de pol, conseqüentemente redução da ATR.

## **2.2 Análise de Custos**

A utilização das informações de custos para a tomada de decisão sempre foi fundamental, porém, percebe-se uma recente dedicação com maior ênfase a esta alternativa. A contabilidade de custos vem enfrentando todo um processo de transformação, passando de uma fase onde era utilizada apenas como levantadora de dados sobre o valor dos estoques na indústria, e ganhando lugar de destaque para demonstrar sua utilidade e importância como ferramenta gerencial.

Martins, (2003), define essa transformação da utilização da contabilidade de custos em função do crescimento das empresas, com o conseqüente aumento da aproximação entre administradores e pessoas administradas, passando a contabilidade de custos a ser encarada como uma eficiente forma de auxílio no desempenho dessa nova missão gerencial. Logo, o termo custo é um sacrifício necessário para obter algum benefício previsto durante a atividade de produção.

Neste trabalho foi necessário conhecer os custos mais relevantes da produção de etanol, afim de reduzir e garantir maior lucratividade para o setor sucroalcooleiro, considerando que impactos expressivos ocorrem na fase agrícola.

Estudos revelam que a cana-de-açúcar é responsável por 60% a 70% dos custos de produção do etanol. Espera-se que, além da redução de custos para os

anos de 2015 e 2025, a produtividade cresça em toneladas de colmos de cana-de-açúcar por hectare por ano advindo da introdução de novas variedades (NOVA CANA, 2016).

Os processos para produção de etanol bem conduzidos e eficientes resultam em baixo custo de produção. O que onera o custo de produção de etanol é quando se opera com a planta em baixo nível de recuperação do ATR e, pior ainda, se não se tem controle adequado do processo. Somente quando se mede corretamente a eficiência do processo industrial é que se pode controlar os custos e mantê-los num patamar mínimo. Este é um ponto chave: medição e controle eficazes dos processos (NEWS RPA, 2017).

## **3 MATÉRIAS E MÉTODOS**

### **3.1 Coleta de Dados da Destilaria**

Os dados utilizados como base neste trabalho foram fornecidos pelo sistema interno de recepção e controle de matéria prima, pelo setor de controle de qualidade implantado e instalado do laboratório de PCTS da usina D'Pádua, além dos resultados das análises dos boletins diário de produção.

### **3.2 Levantamento das equações para elaboração da planilha eletrônica de acompanhamento das perdas**

#### *3.2.1 Análises de Impurezas*

Ao chegar na usina o caminhão é pesado na balança e em seguida encaminhado para o laboratório, onde são retiradas amostras enviadas para os laboratórios de PCTS (Pagamento de Cana e Teor de Sacarose) e de Cana Limpa, onde serão realizadas as análises físico-químicas e de impurezas minerais e vegetais, respectivamente. No documento de liberação do caminhão constam os seguintes dados: frente de corte, código da carregadeira, código do operador da carregadeira e código do cabo de carregamento. Após o resultado das análises da amostra a carga do caminhão é liberada para o abastecimento das mesas alimentadoras ou para o armazenamento na casa de cana, podendo ser devolvida em caso de baixa qualidade da matéria-prima (CALDAS, 2012)

#### *3.2.1.1 Método de Análise de Impureza Vegetal*

A amostra 01 coletada, ao chegar no laboratório é pesada em uma balança comum sendo anotado o peso no formulário de impurezas vegetais. Após a pesagem, a amostra é separada das impurezas vegetais e minerais manualmente. Realizar a

pesagem das folhas, raízes e ponteiros de cana (impurezas vegetais) e quantificar utilizando a Equação 1, (CALDAS, 2012).

$$\% \text{impureza vegetal} = (\text{peso de palha/peso amostra}) \times 100 \quad (1)$$

### 3.2.1.2 Método de Análise de Impureza Mineral

A amostra 02 ao chegar ao laboratório é desfibrada na forrageira e homogeneizada na betoneira para posteriormente ser separada em baldes armazenadores devidamente identificados. Homogeneizar manualmente a amostra e retirar 30g da cana desfibrada para efetuar a calcinação. Essa fase de homogeneização é de suma importância, pois é através dela que vamos conseguir realizar uma amostra que realmente represente a carga avaliada. Antes de iniciar o processo de calcinação deve-se ter o máximo de atenção na tara dos cadinhos e na pesagem da cana desfibrada que deve ser de 30g. A mufla foi regulada para trabalhar com temperatura de 800°C com tempo de calcinação de 02h00min, onde após esse tempo desligou-se e aguardou-se a diminuição da temperatura da mufla, onde os cadinhos foram retirados e pesados na balança analítica e o valor do seu peso foi anotado no formulário de impureza mineral, e calculado conforme a Equação 2

$$\% \text{IMP MIN} = (\text{P. INCINERADO} - \text{P. DO CADINHO}) / (\text{P. DA AMOSTRA}) \times 100 \quad (2)$$

### 3.2.1.3 Pesquisa sobre perdas de ATR por impurezas

Baseado em um trabalho realizado no laboratório da AFOCAPI (ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CNA DE PIRACICABA), que a cada 1% de terra diminui em 0,71% de cada Kg de ATR e a cada 1% de impureza vegetal, diminui cerca de 0,68% de cada Kg de ATR. Os dados levantados nas usinas estimam em média 9% de impureza vegetal.

Além da AFOCAPI, a literatura em geral nos remete as perdas que as impurezas são retratadas diretamente nos processos e em específico nos kg de ATR.

A Tabela 1 retrata claramente a redução do ATR, em função das impurezas, no experimento de Osvaldo Alonso em sua palestra sobre CARACTERIZAÇÃO DAS IMPUREZAS E QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA.

Tabela 1: Redução do ATR pelas impurezas da cana

	U%	Brix	Pz	Fibra		Pol Cana		ART % Cana		kg ATR/T.cana	
				Consec	Tanim	Consec	Tanim	Consec	Tanim	Consec	Tanim
				INTEGRAL	66,8	16,8	82,86	13,59	15,62	11,46	11,06
CANA LIMPA	79,5	18,2	84,26	10,43	10,81	13,34	13,26	14,69	14,6	134,43	133,62
CARTUCHO + FOLHA	79,5	10,5	61,2	19,33	18,97	4,8	4,8	6,19	6,2	56,66	56,77
CARTUCHO	72,5	8,0	51,29	15,16	13,82	3,29	3,37	4,96	5,08	45,41	46,51

Fonte: [www.stab.com.br](http://www.stab.com.br), acessado em: 12/10/2017

A tabela 2 mostra as perdas de faturamento em reais, nas unidades dos produtos, com aumento das impurezas vegetais, conclusão de Jorge Luiz Gonsalves, no 12º PRODUTIVIDADE E REDUÇÃO DE CUSTO da Indústria Canavieira, Grupo IDEA 2013.

Tabela 2: Perdas com o aumento da impureza vegetal

Aumento das Impurezas vegetais I.V.	%	3,50%	7,0%
Perdas sacarose	kg/ATR	5,25	10,5
Perda de etanol (mix 50%)	litros/ha	136,8	272,8
Perda de açúcar (mix 50%)	50 kg/ha	4 sc	8 sc
Perda de faturamento (etanol)	R\$/ha	166,52	333,03
Perda faturamento açúcar	R\$/ha	206,84	413,68
Total de perdas com aumento I.V.	R\$/ha	373,36	746,72

Fonte: [www.idea.com.br](http://www.idea.com.br), acessado em 12/10/2017

As equações utilizadas para os cálculos da Tabela 2 constam no Anexo I.

### 3.2.1.4 Estudo comparativo com os dados fornecidos pela destilaria e os dados experimentais realizados

Para fins comparativos com os dados da literatura foram coletadas 4 amostras de cana no campo da variedade RB 04 1441 (Figura 4), devidamente identificadas, conforme Tabela 03.

Figura 5: Amostras de cana de açúcar coletadas no campo.



Fonte: Autor, 2017

Tabela 3: Identificação das amostras colhidas no campo.

<b>Amostra</b>	<b>Variedade</b>	<b>Tipo de Impureza</b>	<b>% Impureza</b>
01	RB 041441	vegetal	Aleatório
02	RB 041441	palha	Aleatório
03	RB 041441	limpa	-----
04	RB 041441	mineral	30
04	RB 041441	mineral	15

Fonte: Autor, 2017

As amostras 01 e 02, foram colhidas conforme o padrão real das operações de colheita realizadas naquele local, a amostra 03, passou por uma limpeza diferenciada

para que a mesma não apresentasse nenhuma impureza, em seguida todas amostras foram analisadas conforme o método CONSECANA – PB.

A amostra 04, após ser passada na forrageira, foi dividida em duas partes onde uma das partes foi utilizada para se produzir uma amostra com % de impurezas determinados e a outra serviu de comparativo. Para a elaboração da amostra pesou-se 500 g, retirou-se 30% da matéria prima e adicionou-se 30% de areia do local da coleta. O mesmo procedimento foi aplicado com o percentual de 15%, e logo em seguida, foram realizadas as análises normais, com isso foram obtidos os resultados das análises físico-químicas da cana.

### **3.3 Desenvolvimento da ferramenta baseada na planilha eletrônica (Microsoft Excel)**

Com base nos dados fornecidos pela destilaria e nos experimentos realizados desenvolveu-se uma ferramenta capaz de mensurar perdas diárias provenientes das impurezas vegetais e minerais durante o processo de produção de etanol, auxiliando o gerente da área, e capaz de fornecer online todas essas informações, bem como um resumo do boletim diário de produção.

Para o desenvolvimento dessa ferramenta, foi usada a planilha eletrônica Excel do pacote Microsoft office, gerando o relatório diário, e os gráficos que auxiliam no gerenciamento das informações. Tais relatórios e gráficos também foram disponibilizados na biblioteca da plataforma Android, disponível para baixar e visualizar. As fórmulas utilizadas nessa planilha nas variáveis calculadas, estão dispostas a seguir na Tabela 05 do Anexo I, tomando como base o manual Consecana PB.

### **3.4 Desenvolvimento do aplicativo**

O aplicativo foi desenvolvido em java, com o banco de dados SQLite, usando o emulador Android SDK. Apriori foi copiado os dados do mês de Setembro 2017, da base de dados da ferramenta desenvolvida no excel. Tal procedimento de atualização acontecerá automaticamente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises das amostras de cana retiradas do campo

A Tabela 4 mostra os resultados das análises físico-químicas das amostras de cana que foram colhidas do campo para quantificação das impurezas, onde foi constatado a redução dos quilos de ATR, na amostra de cana mais limpa.

Tabela 4: Análises físico-químicas da cana colhida para quantificação da perdas.

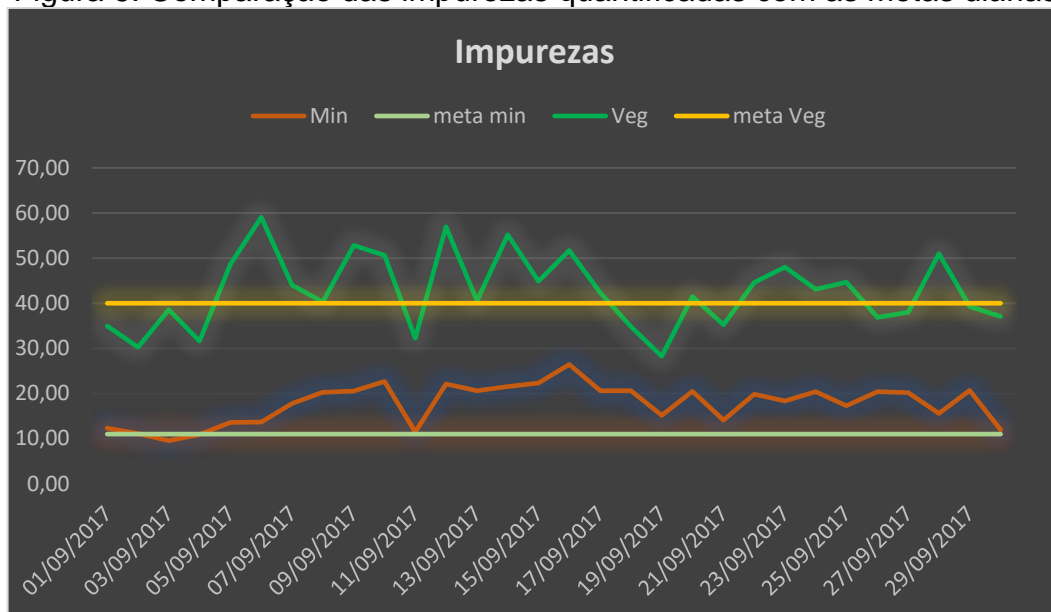
N° Amostra	Amostra	PBU	Brix	Pol	Fibra	ART
01	vegetal	193,7	20,56	17,59	21,08	122,4805
02	palha	163,4	19,46	17,30	16,47	129,8133
03	limpa	155,2	21,98	17,96	15,22	138,2795
04	mineral (30%)	242,1	21,72	19,37	28,43	114,8692
04	mineral (15%)	186,4	19,66	17,03	19,97	120,8215

Fonte: Autor, 2017

### 4.2 Dados de produção de etanol provenientes da destilaria

As informações repassadas pela destilaria e após os testes experimentais serviram como banco de dados para o programa desenvolvido. Utilizando esses dados, e as informações mais importantes do boletim diário de produção, as perdas financeiras do dia, foram elaborados gráficos comparativos (Figura 6 e 7), os quais possibilitaram visualizar a realidade da evolução das impurezas acumuladas durante o mês, facilitando a intervenção gerencial, sobre as perdas.

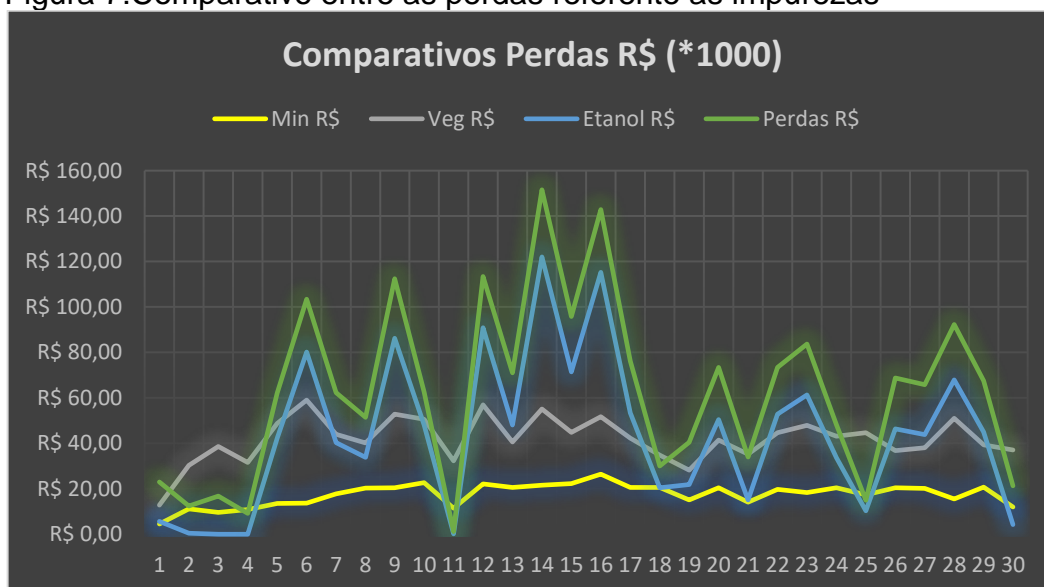
Figura 6: Comparação das impurezas quantificadas com as metas diárias



Fonte: Autor, 2017.

Observando a Figura 6 podemos verificar a oscilação das impurezas minerais e vegetais com relação a meta determinada pela empresa, ou seja, o programa desenvolvido possibilita acompanhar e visualizar quais os dias ultrapassaram a meta ou quando esteve abaixo da mesma.

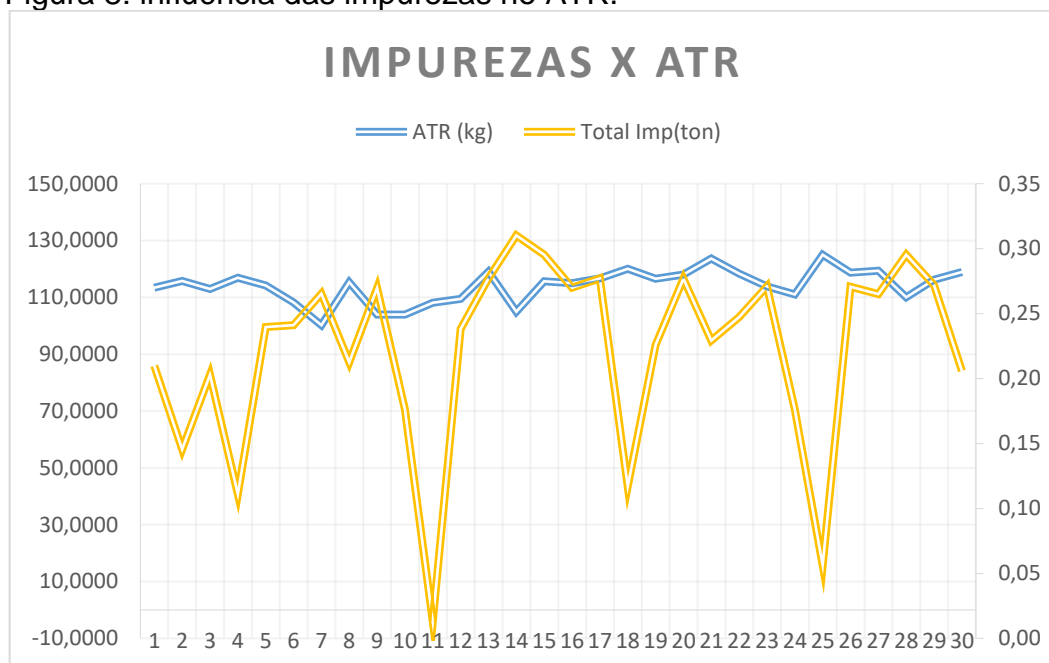
Figura 7:Comparativo entre as perdas referente as impurezas



Fonte: Autor, 2017.

Podemos observar através do Figura 7, qual perda está sendo mais representativa no meu total de perdas do referente dia, mais uma vez ressalto o exemplo do dia 11, desviando do padrão em função da entrada de cana.

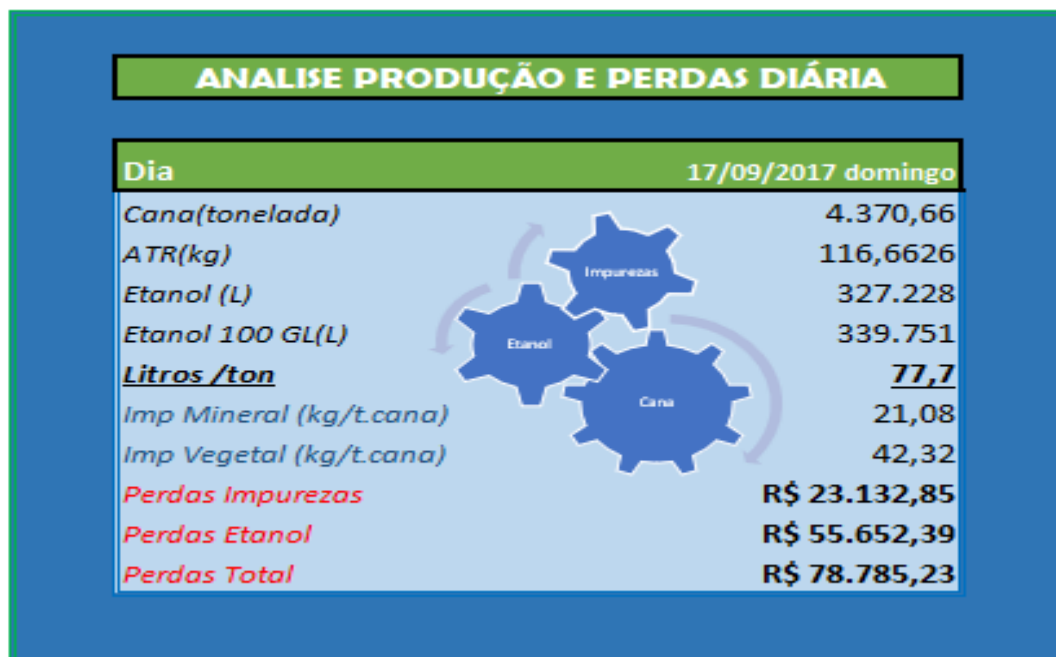
Figura 8: influência das impurezas no ATR.



Fonte: Autor, 2017.

Podemos observar através do Figura 8 a influência das impurezas na volatilidade dos quilos de ATR., ou seja, quando há um aumento das impurezas, conseqüentemente uma queda no ATR, com algumas observações como por exemplo o dia 11 na figura 8, podemos ver uma grande queda das impurezas, e uma certa estabilidade do ATR, tal fato se dá em função da quantidade de cana entrada no dia, não ser representativa, uma vez que multiplicamos os quilos de impureza pela entrada de cana.

Figura 9:Boletim diário, perdas financeiras impurezas e etanol



Fonte: Autor, 2017.

## **5 CONCLUSÃO**

Concluimos que com base nos experimentos e pesquisas em loco, constatou-se uma redução dos quilos de ATR, frente ao aumento das impurezas. A ferramenta desenvolvida em Excel, mostra tais perdas com destaque no aumento dos custos dos processos, pelas perdas financeiras causadas por tais impurezas, demonstrando em relatórios de gráficos. O aplicativo móvel desenvolvido, vem tornar esse acesso mais rápido e eficiente, tendo em vista sua praticidade via celular, logo em qualquer lugar, o gerente industrial terá acesso aos dados e conseqüentemente tornará mais eficiente suas decisões.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Fortalecer a equipe de controle de qualidade no campo, dando condições eficazes de ações corretivas e principalmente preventivas, na quantidade de impurezas minerais e vegetais. Segue alguns pontos do controle de qualidade no campo:

- A distância de 1,20 m entre a palha de a cana cortada, evitando que essa palha seja levada junto com a cana no momento que a carregadeira usa o rastelo para juntar a cana, como podemos observar na figura 10.

Figura 10: distância entre as palhas e a cana



Fonte: Autor, 2017

As canas com produtividade abaixo de 30 t/hec, será emolhada para evitar que a carregadeira junte terra, afim de alcançar a quantidade suficiente da garra, de 240kg a 300kg. Com vemos na figura 11.

Figura 11:cana com baixa produtividade



Fonte: Autor, 2017.

Fiscalizar os operadores, treinado e acompanhando a operação em se, como o balançar do rastelo, uma movimentação relativamente rápida e simples para evitar o máximo de impureza mineral, como vemos na figura 12.

Figura 12: movimento da carregadeira escorrendo a terra



Fonte: Autor, 2017

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, H. V. Fermentação Alcoólica – Ciência e Tecnologia. Piracicaba: Fermentec, 2005.

BRASSOLATTI, M. et al. Análise do Percentual de Impurezas Vegetais e Minerais Presentes na Cana-de-Açúcar. Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação. 2016.

BROTHERTON, G. A. The Influence of extraneous matter on C.C.S. Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists, Townsville, v.1, p.7-12, 1980.

CALDAS, C. BARÉM, A. SANTOS, F. Cana-de-açúcar Bioenergia, Açúcar e Etanol. 2º Edição 2012.

CONAB – Companhia Nacional de abastecimento, ACONPAHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA – Cana-de-açúcar Safra 2016/2017.

DIAS, M. et al. A. Improving second-generation ethanol production through optimization of first generation production process from sugarcane. *Energy*, v. 43, n. 1, p. 246 – 252, 2012.

FONSECA, G.C. Modelagem e Simulação de uma Destilaria Autônoma de Produção de Etanol de Primeira Geração (E1G). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Carlos. p.114. 2014

LARRAHONDO, et al. 1998, apud MARQUES, et al, qualidade da cana-de-açúcar influenciada por impurezas vegetais, 2008

LEAL, V. O impacto na indústria com a mecanização da colheita, Revista Opiniões, set. 2017.

MARQUES, M. Qualidade da cana-de-açúcar Influenciada por impurezas Vegetais 2013

NEVES, J.M.; MAGALHÃES, P. S. G.; MOARES, E.; ARAÚJO, F.V.M. Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massa de cana de açúcar, 2006.

OLIVEIRA, F. uma visão ampla para área industrial, Revista Opiniões, jul. 2017.

PINTO, F.H.P.B. Etanol celulósico: Um estudo de viabilidade econômico-financeira. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

REIN, P. Engenharia do Açúcar de Cana, traduzido por César Miranda e Ericsson Mariano, 2013.

RIBEIRO, C.A.F.; BLUMER, S.A.G.; HORII, J. Tecnologia do Álcool. Piracicaba. p.34. 1999.

<https://www.novacana.com/estudos/contextualizacao-historica-do-etanol-120913/>  
consulta em 12/09/2017.

<http://www.afocapi.com.br/>. Associação dos Fornecedores de Cana de Piracicaba – AFOCAPI. - consulta em 02/10/2017.

<https://www.novacana.com/usina/evolucao-setor-melhorias-proporcionadas-pela-pd/>  
consulta em: 12/11/2017.

<http://www.stab.org.br/impurezas/Materia%20Prima.pdf>  
Consulta em: 01/10/2017

## ANEXO

Tabela 05: fórmulas e variáveis

Variável	Descrição	Fórmula
Cana (ton.)	Cana entrada na Usina	Extraído do sistema interno
Brix	média do dia sólidos solúveis	Extraído do sistema interno
Temp.	média temperatura	Extraído do sistema interno
Leit. Sac.	média do dia Leitura Sacarímetro	Extraído do sistema interno
Mineral(kg)	média do dia da impureza mineral	Extraído do sistema interno
Vegetal(kg)	média do dia da impureza vegetal	Extraído do sistema interno
Dif. mt Min	diferença meta Impureza mineral	meta = 11, impureza do dia – 11
Dif. mt Veg.	diferença meta Impureza vegetal	meta = 40, impureza do dia – 40
Fibra(FC)	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$F = 0,152 \times \text{PBU} - 8,367$
Pol(S)	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$\text{PC} = \text{Pex} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$
Pureza(QJ)	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$\text{Pza} = \text{pol}/\text{brix} \times 100$
AR	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	Manual Consecana -PB
C	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$C = 1,0313 - 0,00575 \times F$
F(p)	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$\text{FPza} = \text{Pza} / 83,28 - \text{Pza} > 83,28$
PC	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$\text{Fp} = 1$
ARC	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$\text{PC} = \text{Pex} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$ $(6,4152 - 0,0649 \times \text{Pza}) \times (1 - 0,01 \times F) \times C$
ATR(kg)	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$(\text{PC} \times 9,262880 + \text{Ar} \times 8,8) \times \text{Fpza}$ $(\text{ATR} \times \% \text{ imp. mineral}) + (\text{ATR} \times \% \text{ imp. vegetal}) + \text{ATR}$
ATR(kg) cor	Cálculo das perdas adicionado ao ATR	
ART	Variáveis calculadas pelos Consecana - PB	$\text{PC} / 0,95 + \text{ARC}$
Etanol(lts)	Etanol total fabricado no dia	$\text{AEHC (Lts)} + \text{AEAC (Lts)}$
Etanol 100 GL	Etanol total fabricado e Etanol em processo	Etanol dia - proc. ant. + proc. atual
AEHC (Lts)	Álcool Etílico Hidratado	Boletim diário da Empresa
AEAC (Lts)	Álcool Etílico Anidro	Boletim diário da Empresa
Rend(l/ton.)	Rendimento etanol por tonelada de cana	Etanol 100GL / Cana Moída
Álcool /ATR	Rendimento Teórico Etanol por ATR	$\text{Kg ART} \times 0,6480$
Álcool /ATR cor	Rendimento Teórico Etanol por ATR(cor)	$\text{Kg ART (cor)} \times 0,6480$
Perda Etanol R\$	Etanol não produzido em função das perdas	$\text{Dif. Etanol não prod./produzido} \times \text{preço Etanol mês}$
% perdas	% sobre Etanol não produzido conforme ATR	$\text{Etanol Esteq} / \text{Etanol real}$
Imp. min (ton.)	Impureza mineral em tonelada	$\text{kg imp. mineral} \times \text{cana entrada}$
Imp. Min R\$ Val/t	Valor de perdas da impureza mineral	$\text{Ton. de Imp.} \times \text{preço cana mensal}$
Imp. Veg. (ton.)	Impureza vegetal em tonelada	$\text{kg imp. vegetal} \times \text{cana entrada}$
Imp. Veg. R\$ Val/ton.	Valor de perdas da impureza mineral	$\text{Ton. de Imp.} \times \text{preço cana mensal}$
Total perdas Imp.	valor de todas impurezas	soma dos valores das impurezas
Perdas Totais	valor das perdas de impurezas e de etanol	somas dos valores imp. + etanol