

# MAPEAMENTO DA CONDIÇÃO DOS PROCESSOS DE SECAGEM EM UM SECADOR DE SEMENTE DE MILHO

*Maísa Guimarães<sup>1</sup>*

*Jordania Louse Silva Alves<sup>2</sup>*

## RESUMO

A umidade em sementes de milho pós-colheita é suficiente transcendente devido à característica higroscópica que o milho tem de absorver a umidade do ar. Portanto, o processo de secagem em espigas de milho, artificialmente, é considerado o melhor mecanismo de secagem. É composto por equipamentos que desenvolvem uma massa de ar quente onde são capazes de absorver umidades das sementes e reservar a qualidade fisiológica do produto. O objetivo do presente artigo foi comparar a capacidade efetiva de dois secadores por método de secagem estacionária, validando por meio de comparação de resultados estatísticos. O grande desafio é igualar ou aproximar a eficiência dos secadores de semente de milho. Foi elaborado um plano de ação robusto pelos *stakeholders* da produção para acompanhamento e realização das tarefas listadas.

Palavras-chave: eficiência, secagem, sementes, temperatura, umidade.

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio possui grande importância na economia brasileira além de oferecer campos de trabalho para população. Os últimos anos, o Brasil tem buscado a integração com a economia mundial através da prospecção de transformações nas cadeias produtivas, fomentando a competitividade, a progressão tecnológica e a modernização dos processos, o que deve demandar, ganhos em produtividade (IMMES, 2016).

De acordo com Associação Brasileira de Sementes e Mudas- ABRASEM, em 2015 o PIB do agronegócio correspondeu a 20% do PIB brasileiro; e se considerarmos todas as riquezas produzidas no país, como grandes terras cultiváveis, solos completamente férteis, grande disponibilidade de água no lençol freático, o Brasil se destaca como o terceiro maior país exportador de produtos agropecuários e agrícolas.

---

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia de Produção na Universidade de Rio Verde - UniRv

<sup>2</sup> Orientadora e Professora na Universidade de Rio Verde - UniRv

Segundo a Companhia Brasileira de Abastecimento - CONAB, em 2015 dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho obteve resultados expressivos em que estimula cerca de 199,7 milhões de toneladas de grãos produzidos.

Além disso, o milho, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem experimentado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento como agrônomo e engenharias. As maiores áreas de cultivo da cultura do milho no Brasil são especialmente em regiões Sudoeste, Sul e Centro-Oeste, devido ao melhor condicionamento climático (AGEITEC, 2010).

Um processo de secagem trata-se da redução do teor de umidade das sementes para níveis recomendados para o armazenamento de sementes, utilizando técnicas que não prejudicam a viabilidade das sementes. Controlar o teor de umidade de sementes é fundamental para a preservação da sua qualidade, evitando desperdícios (EMBRAPA, 2014). Diante de tal cenário, o processo de secagem é vital para retirar a umidade das sementes, envolvendo a transferência de calor e de massa entre um produto higroscópico.

O presente artigo apresenta uma análise direcionada a secadores de Duplo Passe e tem como objetivo mapear a condição dos processos de secagem atuais em dois secadores por duplo passe devido à dessemelhança estrutural entre eles, identificou a ineficácia no processo por não corresponderem estatisticamente análogo por tempos de secagem de ciclos em hora. Os secadores são compostos por ventiladores e exaustores de alta capacidade que alimentam simultaneamente todas as câmaras de secagem de uma empresa de Usina de Beneficiamento de Sementes, situada na cidade de Santa Helena de Goiás - GO. Será apresentado o *leadtime* do processo, e avaliadas as estruturas existentes a fim de identificar oportunidades para a redução do tempo gasto com a secagem, e aumento da capacidade de recebimento de milho da unidade de beneficiamento. Para consolidação e acompanhamento desta pesquisa, foram utilizadas planilhas de controle operacional que são preenchidas diariamente pelos operadores da área industrial em estudo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DO MILHO

O milho da espécie *Zeamays L.* é destinado e utilizado para alimento humanístico e animal, além de possuir excêntricas qualidades nutricionais, energéticos, alto teor de carboidrato, vitaminas e sais minerais e é característico de angiospermas que são plantas que habitam na Terra, produzindo raízes fasciculadas, caules e folhas (EMATER, 2014). Segundo o mesmo órgão, esta espécie pode atingir dois metros de altura da planta, com grãos de tamanho médio inseridos no sabugo, possuindo aproximadamente 800 grãos em uma espiga de milho e revestido externamente por um pericarpo, que é composto pela casca e é vistoriado o surgimento de uma mancha preta, durante análise de maturação no próprio campo de plantio. O pericarpo é a camada externa que se desenvolve a partir da parede do ovário envolvendo a semente de uma planta (EMATER, 2014).

Como critérios utilizados para denominar a época ideal da colheita de sementes, existem vários fatores que contribuem para esta decisão, um deles é saber o desenvolvimento em fases fenológicas, seja vegetativo e reprodutiva e se encontra as folhas e os grãos na espiga. É necessário certificar que a maturidade fisiológica esteja no estado ideal, pois o atraso da colheita poderá gerar impacto no material, e quanto mais tempo permanecer exposto no campo mais seco estará aumentando a quantidade em sementes ardidas, achatadas e contaminação por doenças, ressaltando que em casos de materiais higroscópicos como são as sementes de milho, sofrem alterações em seu conteúdo de água de acordo com a condição do ar ambiente que o rodeia (EMBRAPA, 2014).

A AGEITEC (2014) destaca que o ponto de maturidade fisiológica do milho caracteriza o momento ideal para a colheita, ou ponto de máxima produção, o qual está entre 30% a 38% de umidade. Esta métrica é adotada por alguns produtores e empresas do ramo. É sabido que a maturidade fisiológica da semente é específica do cultivar entre híbridos e pode ser determinada por diversos parâmetros. Já para estocagem do grão, as condições de armazenagem com segurança devem estar com a média de 9 a 12,9% de umidade, para evitar problemas com o armazenamento.

A colheita do milho é dividida em duas safras, a primeira chama-se de milho verão e ocorre no período de outubro a dezembro, já a segunda parte é conhecida como milho safrinha e ocorre no período de janeiro a março, tanto para o milho verão quanto para o milho safrinha

a periodicidade de colheita é feita de acordo com cada variedade cultivada e o ciclo de duração após plantio gira em torno de 140 dias (EMBRAPA, 2014).

O desenvolvimento e a maturação das sementes de milho são aspectos importantes a serem considerados na tecnologia de produção de sementes, e são aspectos que irão determinar a qualidade das sementes sob as condições de ambiente.

Segundo a empresa em estudo, além de temperatura, leva-se em conta o percentual de umidade relativa das espigas. Usualmente adota-se a média de umidade do milho entre 35% e 25% para então, colher e destinar para recebimento na usina, onde está sendo realizada esta pesquisa, inspirado no modelo de métricas da Usina de Beneficiamento de Sementes (UBS, 2016). Este intervalo foi definido para que as sementes não sofram danos físicos durante o transporte, além de, garantir a sanidade do material durante sua despalha e secagem.

## 2.2 SISTEMA DE SECAGEM EM SEMENTES DE MILHO

A secagem de produtos agrícolas pode ser entendida como um processo de redução do teor de umidade para níveis que permitam a preservação segura e qualitativa de armazenamento e conservando a matéria seca (VILLELA, 1992; MORAES, 2000). De acordo com Peres (2015) a secagem tem por finalidade reduzir o conteúdo de umidade dos grãos e sementes a um nível adequado para que sejam executadas as operações de beneficiamento.

A secagem de grãos impede o crescimento microbiano e retarda alterações enzimáticas e aumenta consideravelmente a vida de armazenamento. A utilização de variáveis exigidas como o tempo de secagem, custos de energia e qualidade do produto seco são parâmetros essenciais de um bom-êxito (LIMA, et. al., 2014). Secagem também pode ser considerada como um processo de transferência simultânea de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto, ou seja, a alteração do estado físico, a remoção de uma fase líquida para o sólido (VILLELA, 1992). É um dos passos essenciais na pós-colheita para a tecnologia de sementes, especialmente de milho e para outras culturas que quase sempre exigem secagem mecânica, mas o tipo de secagem a ser utilizado depende da característica desejada do produto final.

Durante a secagem é indispensável o abastecimento do calor requerido para evaporar a umidade do material e para remover o vapor de água consistidona superfície externa da semente e sendo transferindo e reutilizando o ar para o meio de secagem (PARK et. al., 2004).

Os métodos e processos de secagem podem ser classificados em várias formas diferentes, prosseguentes quanto ao uso de equipamentos artificiais ou naturais, à

periodicidade contínua ou duplo passo a introdução pela fluência de calor (GARCIA, et. al.,2004).

Existem dois modelos de processo de secagem, são eles: secagem natural, e secagem artificial com temperatura e pressão controlado. Para SILVA, *et. al.*, (2015) a secagem natural pode ser realizada em qualquer ambiente com fluxo de ar pelo movimento do ar e incidência direta da energia solar; e a secagem artificial é caracterizada pela utilização de processos manuais ou mecânicos, ambos no manuseamento e na passagem de ar através do produto, sendo composta por equipamentos que armazenam quantidades específicas de espigas e proporcionam um fluxo intenso de ar aquecido normalmente por fornalhas ou caldeiras.

Para sistemas de secagem artificial, destacam-se dois tipos principais: Simples Passo e Duplo Passo. O Simples Passo utiliza-se apenas um único ventilador interno impulsionando o ar para a câmara esperada e o Duplo Passo, possui túneis capazes de levar o ar insuflado e aquecido para dentro das câmaras, controlando o fluxo de ar realizado em duas fases (Baixo para cima / Cima para baixo) (SILVA, et. al., 2015).

O mesmo autor clarifica a secagem natural como a exposição da semente a radiação solar, onde as temperaturas são de acordo com as condições climáticas, de uso limitado e recomendado pós-colheita em demandas menores e regiões de clima quente e seco. Neste processo de secagem, os produtos são esparramados sobre pisos apropriados que são capazes de reter o calor e absorção de água e consciente das responsabilidades do meio ambiente, este método de secagem natural, evita a queima de biocombustíveis (SILVA, *et. al.*, 2015). O benefício deste método são as menores ocorrências de grãos trincados e/ou quebrados.

A secagem artificial consiste na exibição da massa de sementes por correntes de ar sendo aquecidos por fluxo de secagem em métodos estacionário, contínuo e intermitente. Neste tipo de módulo, necessita-se o controle diário e intensivo em controle de temperatura e umidade durante a secagem (SILVA, 2005). Para produzir a massa de calor quente artificialmente, conta-se com o auxílio de aparelhos mecânicos, como: fornalhas a lenha, ou queimadores a gás; sistema de movimentação de ar como: ventiladores, ou sistema de movimentação dos grãos - elevadores de caçambas, transportadoras helicoidais ou fitas transportadoras (SILVA, 2005).

No Quadro 1, confrota-se a definição de dois tipos de secagem por fluxo contínuo e estacionária. Secagem por fluxo contínuo, as sementes passam uma vez apenas pela câmara de secagem, infiltram-se umidas e saem secas. É necessário elevar a uma alta temperatura devido à constância transição das sementes ou retardar a passagem das sementes durante o

percurso dentro das câmaras de secagem. Em contratempo, há um risco fisiológico com o aumento da temperatura e do tempo de exposição direta das sementes (LIMA, et. al., 2014).

A secagem estacionária é caracterizada pela passagem submetida do ar sobre a massa. Na frente de secagem, que é uma característica da secagem estacionária, analisa a cessão de água das sementes para o ar. A região anterior frente à secagem, à temperatura é maior e as sementes conservam-se secas e, na região posterior, o processo é totalmente ao inverso, a temperatura é baixa e as sementes permanecem úmidas (VILLELA, 1992). Entretanto Garcia (2004), determina que a secagem estacionária é caracterizada pela não movimentação das sementes em câmaras de secagem, permanentes a introduzir o fluxo de ar aquecido insuflados por um ventilador axial que atravessa sobre uma massa de sementes que permanecem em repouso.

**QUADRO 1** – Definição dos tipos de secagem por Fluxo Contínuo e Estacionária.

Secagem	Descrição
Secagem por Fluxo Contínuo	Para Lima et. al., (2014), a secagem em fluxo contínuo consiste no processo em que o material é transportado por sistemas tipo caneca ou taliscas através de secadores que incidem ar quente diretamente, fazendo com que durante o tempo de exposição, o material perca a umidade relativa. Este sistema é utilizado para secagem de sementes colhidas à granel (10-15% umidade relativa), devido à baixa eficiência em retirar umidade.
Secagem Estacionária	O sistema de secagem estacionário, consiste na exposição direta de ar quente no material que é disposto em câmaras de armazenagem. O ambiente possui pressão e temperatura controlada por meio de secadores e ventiladores que garantem fluxo de ar, conseqüentemente, retirando a umidade relativa que é transportada pelo ar seco. O sistema é considerado mais eficiente para produção de sementes, pois garante maior controle e menor impacto direto à qualidade fisiológica do material e permite o gerenciamento da secagem conforme curva psicométrica. (MOSSINI, 2013)

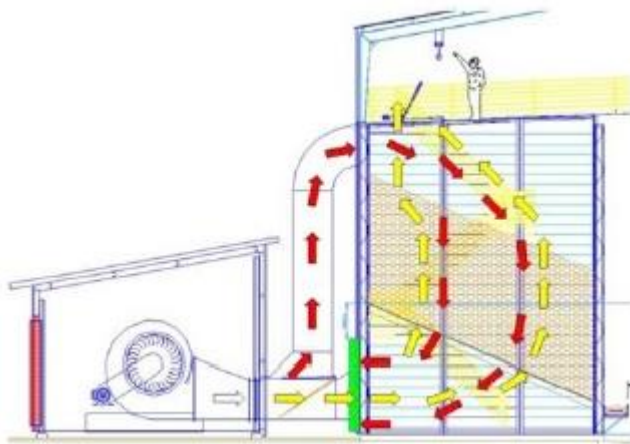
### 2.3 SECAGEM ARTIFICIAL POR SIMPLES PASSE

Conforme Seibt et. al., (2013), trata-se de um sistema dedicado para passagem de ar aquecido, onde existem manobras que possibilitam a configuração de diferentes ciclos de secagem. Neste processo, o material é disposto em câmaras com telas inclinadas desenvolvidas para facilitar a circulação de ar quente por toda massa. Cada câmara de

secagem possui um sistema individual de secagem composto por: queimadores a gás ventilador, trocadores de calor e venezianas.

A Figura 1, a seguir, destaca o funcionamento da circulação de ar dentro de uma câmara de secagem. Na Tabela 1, indica-se, a altura da massa de espigas referente à capacidade do processo de retirar umidade. Caso haja altura excessiva, o processo pode ser comprometido, fazendo com que o material fique mais tempo secando e ocasionando possíveis danos fisiológicos à semente.

**FIGURA 1** - Fluxo de ar para secadores simples passe



Fonte: Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2014).

**TABELA 1** - Altura recomendada para enchimento da câmara de acordo com a umidade.

<b>Secadores Simples Passe Reverso</b>		
<b>Umidade Inicial da Semente</b>	<b>Altura da Camada</b>	<b>Altura da camada otimizada Tempo secagem menor que 72h</b>
menor ou igual a 30%	até 3,5 m	até 4,0 m
31 a 35%	até 3,0 m	até 3,5 m
acima de 35% *	até 2,5 m	até 3,0 m

Fonte: Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2014).

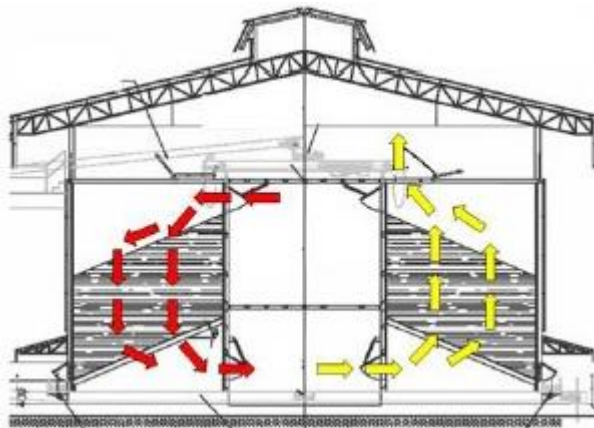
## 2.4 SECAGEM ARTIFICIAL POR DUPLO PASSE

Existem dois tipos de pressurização, sendo pressão de entrada ar quente que é responsável para expulsar a água da semente e a pressão de saída é massa de ar frio pela sucção de umidade, denominado primeiro ciclo de secagem. No segundo ciclo, abrem-se as tampas das câmaras para a movimentação de recirculação de massa ar quente e frio

simultaneamente, onde nesta etapa, a secagem é feita da metade da camada de sementes para cima (GARCIA, 2004) permanecendo estático durante a operação. A temperatura deverá ser mais amena, pois existe o risco de fermentação do material devido a altas temperaturas e umidade relativa acima do recomendado (BARBOSA, et. al., 2014).

No segundo ciclo, a temperatura é aumentada em 2 graus celsius em média, e busca retirar a umidade relativa interna do material (sementes e sabugo), conforme demonstração da Figura 2. O ar é invertido e passa a circular de cima para baixo. O processo de secagem é encerrado quando o material entra em equilíbrio atingindo de forma uniforme, a umidade esperada no procedimento operacional. (MOSSINI, 2013). Para a Tabela 2, constam as indicações para altura de camada dentro das câmaras de secagem.

**FIGURA 2** - Circuito por fluxo de ar em secagem de duplo passe.



Fonte: Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2014).

**TABELA 2** - Altura recomendada para enchimento da câmara de acordo com a umidade.

<b>Secadores Duplo Passe</b>		
<b>Umidade Inicial da Semente</b>	<b>Altura da Camada</b>	<b>Altura da camada otimizada Tempo secagem menor que 72h</b>
menor ou igual a 30%	até 3,0 m	até 3,5 m
31 a 35%	até 2,5 m	até 3,0 m
acima de 35% *	até 2,0 m	até 2,5 m

Fonte: Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2014).



### 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de observações e avaliações de formulários fornecidos pela empresa, registros desenvolvidos pelo autor e levantamentos bibliográficos já existentes sobre o tema estudado para melhor embasamento técnico.

Através das avaliações realizadas nos conjuntos de secadores da empresa estudada, definiram-se os tempos de secagem baseados em dados coletados nas últimas seis safras de produção, equivalente aos períodos entre Março a Novembro/2014, Março a Novembro/2015 e Dezembro/2015 a Julho/2016, totalizando 3 anos de mapeamento de processo. Para o estudo, o tempo de secagem foi considerado como indicador de performance do sistema, portanto, todas as ações propostas, foram direcionadas à otimização do *leadtime* de secagem.

A finalidade de ter sido mensurado todas as médias das safras dos anos anteriores, foi em função da capacidade e cronoanálise do processo objetivando melhorar a produtividade, analisar as deficiências e avaliação do ritmo de trabalho do processo, empregando boas práticas para potencialização. Criou-se metas reais para desafiar o time operacional promovendo o comprometimento e desenvolvimento. As metas foram para o tempo de secagem em inversão de ciclos. Para o primeiro ciclo deve-se permanecer em um período de 63 horas de secagem para então inverter para o segundo ciclo. O segundo ciclo portanto, permanece de 63 à 105 horas de secagem sendo disponibilizada a câmara para continuidade do beneficiamento. As inversões dos ciclos servem para a exclusão da umidade presente nas sementes em duas fases de secagem de baixo para cima e cima para baixo. O que ocorre é que o material fica exposto no campo à temperatura ambiente, entretanto com a sombra da palha a temperatura ambiente reduz onde as cargas são colhidas de 30°C à 22°C graus. Em função disso, se estas cargas forem secadas com temperaturas agressivas sucederá a morte do embrionária da semente.

A monitoração do processo de secagem através do sistema de gerenciamento de secagem, o Optek, ficou constante para cada turno.

O sistema de gerenciamento de secagem consiste no processo de controle de umidade e temperatura do material através de supervisor de controles utilizando-se de software que demonstra o comportamento de cada material dentro do processo, dando condições à operação realizar as atividades conforme procedimento de secagem de cada híbrido (UBS, 2016).

Para acompanhamento de umidade, horas de secagem, temperatura, utiliza-se um software na Usina de Beneficiamento de Sementes denominado OpTek, que é uma ferramenta

eficaz, capaz de facilitar a execução da operação e performance dos secadores, onde seus componentes são constituídos por caixa de dados cartão, sensores de temperatura e pressão.

As variáveis mais importantes do processo de secagem estão introduzidas no programa OpTek. São lançadas no sistema informações como: umidade do material, altura da câmara, granação das espigas, e, o sistema por sua vez, gera a curva de secagem direcionando a operação às diversas fases do processo. (Primeiro Ciclo, Segundo Ciclo, Amostra de Umidade, Pressão Em Cima, Pressão em Baixo e Umidade).

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, demonstrando que a qualidade está enfatizada no sucesso existencial para o desenvolvimento de qualquer e toda empresa (CHIAVENATO, 2000); explicativa, de modo a identificar, explicar e contribuir para casualidade de condições existenciais (GIL, 2008) e experimental com o objetivo de avaliar hipóteses de modificação afim de viabilizar melhorias no processo de secagem de espigas (GIL, 2008).

#### **4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA**

O caso de análise deste sistema produtivo é de uma empresa de grande porte, reconhecida mundialmente no ramo de sementes de milho, sorgo, soja, algodão e hortaliças e pelo fornecimento de boas práticas a agricultura sustentável, desenvolvimento biológico de sementes, biotecnologia, produtos químicos para a proteção de vários cultivares. Localizada na cidade de Santa Helena de Goiás – Goiás, cujo principal negócio é o beneficiamento de sementes de milho e sorgo.

#### **5. RESULTADOS**

Observa-se que na Tabela 3, a seguir, os dados coletados comprovam consideravelmente que há um desvio na eficiência de produtividade, gestão e performance no processo dos secadores 1 e 2. Na análise dos resultados da safra de verão 16, a porcentagem estatística de 12,09% representa a pior média dos últimos anos. Isso deve-se pois durante as safras de Verão 14 e Inverno 14, não havia a gestão de Engenheiros de Produção no processo para solucionar, comparar e implementar, estrategicamente, metas de produtividade. Desde a safra Verão 15 e até a safra estudada, Inverno 16, houve reavaliação da estrutura e consequentemente, estas variáveis acrescentadas e renovadas fizeram toda a diferença da

gestão do processo para alcance das metas, aumento da eficiência do processo e produtividade. A média do tempo em horas dos ciclos de secagem foi feito para analisar a distinção dos resultados entre os secadores 1 e 2.

Busca-se aprimorar a média dos tempos de secagem dos ciclos em hora de acordo com o melhor resultado obtido de 1,58% durante a safra de Verão 15, referente a média da soma do total em hora dos ciclos do secador 1 e secador 2. Porém, para esta safra, houve um decréscimo no recebimento da matéria-prima ocasionando a decadência da utilização dos dois secadores. Quanto menor for o resultado conquistado das médias entre os secadores por safra, melhor, pois os índices demonstrarão que não há diferença em tempos de secagem, igualando a sua eficiência operacional. Entretanto pode-se ainda haver uma diferença em virtude da utilização dos secadores, ou seja, ao longo de safras os dois secadores são partidos devido pelo alto consumo em recebimento da matéria-prima, tendo então a necessidade de operar com os dois secadores ou segregar a capacidade de um para trabalhar com apenas um secador devido a economia com o consumo de energia.

**TABELA 3** - Análise da média do tempo de secagem dos ciclos em hora, por períodos de safra em 2014 a 2016.

	1 Ciclo	2 Ciclo	Total	Média do Tempo em Horas dos Ciclos (%)
<b>Secador 01 - Verão 14</b>	44,83	45,44	90,27	5,90%
<b>Secador 02 - Verão 14</b>	49,96	46,21	96,18	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	9,87%
<b>Secador 01 - Inverno 14</b>	47,46	41,67	89,13	1,58%
<b>Secador 02 - Inverno 14</b>	55,93	43,06	98,99	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	6,92%
<b>Secador 01 - Verão 15</b>	41,03	46,38	87,41	12,09%
<b>Secador 02 - Verão 15</b>	42,71	46,28	88,98	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	
<b>Secador 01 - Inverno 15</b>	44,56	52,42	96,98	
<b>Secador 02 - Inverno 15</b>	48,31	55,6	103,91	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	
<b>Secador 01 - Verão 16</b>	44,39	37,8	82,19	
<b>Secador 02 - Verão 16</b>	47,41	46,87	94,28	

Fonte: Planilha de Controle de Secagem fornecida pela Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2016).

Estas variações encontradas pela análise das médias, são decorrentes da dessemelhança estrutural entre os dois secadores. O secador 1, possui uma estrutura mais robusta e completa em seu conjunto de trocador de calor, que possuem proximidades entre os

conjuntos de tubos, impedindo a penetração do ar natural entre as lacunas. Tem a finalidade da transferência do fluido (ar) após a massa quente emitida pela queima do biocombustível para realizar a dosagem do ar na câmara de mistura sendo direcionado para a secagem do material nas câmaras estacionárias, ou seja, as câmaras que permanecem com o material em repouso embolsando o fluxo de ar.

O secador 2, obtém de uma infraestrutura totalmente desigual. O conjunto de trocador de calor tubular, possui 1mm de espaçamento entre os tubos que compõem o equipamento. A temperatura de entrada adentro das câmaras de secagem deve ser de 40,5°C conforme instrução de trabalho, entretanto, devido ao espaçamento, permite-se a infiltração do ar atmosférico durante a mistura do ar, ocasionando a perda de temperatura para 36°C. A temperatura ambiente pode influenciar na temperatura de entrada, devido a um conjunto de tubos ser resfriado por um ventilador axial de uma potência a 50CV e as outras três partes do conjunto ficam expostas a umidade ambiente. Sendo assim, com a pressão negativa exercida pelos dois ventiladores axiais de 175CV cada um, posicionados adentro da câmara de mistura, há uma grande quantidade de ar ambiente insuflada conveniente a esta pressão e causando o resfriamento precoce dos tubos dos trocadores de calor.

O principal material de fabricação de um trocador de calor é em chapa de aço SAE 1020, modelo tubular com resistência ao desgaste que pode ser causado pela termodinâmica do processo (GERDAU, 2015). A Figura 4, inserida a seguir, demonstra os equipamentos compostos por fornecer a massa de ar quente, tais como: a fornalha é responsável pela queima do biocombustível emitindo a massa de ar quente, sendo transferido por dutos até o conjunto dos trocadores de calor (UBS, 2016).

Em paralelo, o ventilador axial auxilia no resfriamento dos tubos do trocador de calor além de impulsionar a temperatura para o centro da câmara de mistura, evitando a perda de temperatura.

**FIGURA 4** – Conjunto de Equipamentos fornecedores e distribuidores da massa de ar quente do secador 1 e 2.



Fonte: Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2016).

Com base no estudo e avaliação *in loco*, onde foi realizado planos de ação pela companhia que identificou uma diferença nos índices de performance dos secadores 1 e 2, ou seja, o sistema estava com sua eficiência restrita. O propósito foi de inovação do processo, colocando em prática as ações estratégicas com uma perspectiva *top-down* e após, coletar e analisar, visando melhorias no sistema produtivo e resultados *outstanding*.

Os conjuntos de ações propostas pela empresa versus os resultados obtidos foram os seguintes:

**QUADRO 2** - Listagem das tarefas dos planos de ações estratégicos e resultados alcançados.

Ações	Resultados
Limpeza por hidrojateamento dos trocadores de calor.	Maior eficiência na troca térmica, fluxo de ar quente e confiabilidade dos equipamentos.
Vedação dos pontos expostos nas câmaras de secagem do secador 2.	Aprimoramento na troca térmica sem entrada de temperatura externa.
Desligamento das fornalhas em períodos de temperatura a 40°C natural, ocasionando economia sustentável de energia, diminuição de CO <sup>2</sup> no efeito estufa, queima de sabugos e aumento em vendas de sabugo.	Aumento da sustentabilidade na utilização das fornalhas.
Confiabilidade no sistema do Optek: Criação de uma planilha segregando por categoria em Hy Profile Dryer para lançar Category Description no sistema Optek. (categorias: muito lento, lento, pouco lento, normal, pouco rápido, rápido, novo).	Gerenciamento da secagem por categoria, diminuindo complexidade do processo no software e principalmente gerando informações para grupos de híbridos.
Aumentar o setpoint de temperatura do ar quente das fornalhas para o limite máximo especificado pelo fabricante dos trocadores de calor.	Aumento da temperatura do ar de secagem sem gerar prejuízo à qualidade fisiológica da semente.

Fonte: Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2016).

Com o objetivo de aumentar a troca térmica entre o trocador de calor do secador 2, a limpeza por hidrojateamento ajudou na remoção e desobstrução de ferrugens que impregnam nos tubos do trocador de calor, originadas pelas fornalhas com a queima do biocombustível. Estes

pedaços de ferrugem ocasionam a oxidação dos tubos do trocador de calor devido à ligação entre o aço e de oxigênio (LUSCHI, 2016).

A aplicação do hidrojateamento provém de uma limpeza a jato d'água e componentes de produto de limpeza industrial, com altas pressões de 1200 a 2000bar, capazes de remover contágios degradantes em trocadores de calor, caldeiras e tubulações (LUSCHI, 2016). Durante a entressafra, todas as aplicabilidades de boas práticas foram concluídas e analisadas, mensurando o sistema novamente. Importante ressaltar que esta melhoria foi praticada nos dois secadores. Portanto, chegou-se ao seguinte resultado consolidado demonstrados na Tabela 4 a seguir, onde o tempo médio de secagem na última safra de Verão 16 no secador 2apresentou uma média de 94,28 horas/safra em redução de 5,25% de eficiência de secagem entre uma safra para outra, resultando em uma média de 86,15 horas/safra Inverno 16 em horas por tempo de secagem.

**TABELA 4** - Análise da média do tempo de secagem dos ciclos em hora, por períodos de safra em 2014 a 2016.

	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	<b>Média do Tempo em Horas dos Ciclos (%)</b>
<b>Secador 01 - Verão 14</b>	44,83	45,44	90,27	5,90%
<b>Secador 02 - Verão 14</b>	49,96	46,21	96,18	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	9,87%
<b>Secador 01 - Inverno 14</b>	47,46	41,67	89,13	1,58%
<b>Secador 02 - Inverno 14</b>	55,93	43,06	98,99	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	6,92%
<b>Secador 01 - Verão 15</b>	41,03	46,38	87,41	12,09%
<b>Secador 02 - Verão 15</b>	42,71	46,28	88,98	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	5,25%
<b>Secador 01 - Inverno 15</b>	44,56	52,42	96,98	5,25%
<b>Secador 02 - Inverno 15</b>	48,31	55,6	103,91	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	
<b>Secador 01 - Verão 16</b>	44,39	37,8	82,19	5,25%
<b>Secador 02 - Verão 16</b>	47,41	46,87	94,28	
	<b>1 Ciclo</b>	<b>2 Ciclo</b>	<b>Total</b>	
<b>Secador 01 - Inverno 16</b>	41,73	39,17	80,89	
<b>Secador 02 - Inverno 16</b>	42,58	43,58	86,15	

Fonte: Planilha de Controle de Secagem fornecida pela Usina de Beneficiamento de Sementes de Santa Helena de Goiás-GO (2016).

O emprego de métodos estatísticos pôde auxiliar a demonstração dos resultados finais, que foram expressivamente significativos, favorecendo a confiabilidade do processo.

## 6. CONCLUSÃO

Com a realização deste artigo, foi possível analisar a vulnerabilidade do processo com o propósito de corrigir as causas impactantes. Inicialmente, as evidências das análises estavam incondizentes com a capacidade de secagem do secador<sup>2</sup>, proporcionando questionamentos da companhia para a produção.

Portanto, após a verificação dos resultados, constatou-se que aplicação das boas práticas foram fundamentais para melhorar a eficiência operacional do secador 2 onde os resultados da Safra Verão 16 para Inverno 16 foram significativos. Os secadores 1 e 2, como esperado, não mantêm suas médias uniforme devido a divergência estrutural. O maior desafio da aplicabilidade deste protótipo de boas práticas era minimizar a instabilidade do sistema operacional de secagem do secador 2. Entretanto, com os resultados obtidos, conclui-se que, aumentando a capacidade de secagem do secador 2, a usina exercerá o aumento na capacidade de recebimento de materiais para beneficiamento e operará com maior efetividade. Para projetos futuros, sugere-se tratamento estatístico dos dados para se obter resultados mais constantes afim de possibilitar novas melhorias.

## REFERÊNCIAS

ABRASEM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Números que mostram o poder do agronegócio.** Disponível em: <[www.abrasem.com.br/os-numeros-que-mostram-o-poder-do-agronegocio-brasileiro](http://www.abrasem.com.br/os-numeros-que-mostram-o-poder-do-agronegocio-brasileiro)>. Acesso em: 16 de Abr. 2016.

AGEITEC - AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Milho Safrinha.** Disponível em: <[www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html)>. Acesso em: 17 de Abr. 2016.

BARBOSA, F. F.; FAGUNDES, C. A. A.; OLIVEIRA, C. F.; ELIAS, M. C. **Umidade relativa do ar na secagem estacionária e efeitos na operação e na qualidade de grãos de arroz.** 2014. XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Porto Alegre, RS. v. 1, p. 2705-2708.

CONAB -COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Plantio – Embrapa Milho e Sorgo.** Disponível em: <[www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/manejomilho.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm)> Acesso em: 16 de Abr. 2016.

COSTA, E.C. **Secagem Industrial.** 1p. Editora Blucher. Rio Grande do Sul, RS, 2007.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração.** 6.ed. São Paulo: Campus, 2000.

DIAS, D.C.F. **Maturação de Sementes.** Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed56/artigocapa56.shtml>>. Acesso em: 23 de Abr. 2016.

EMATER - EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **O milho e o clima.** Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p. il.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do milho.** Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/manejomilho.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm)>. Acesso em: 16 de Abr. 2016.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. **A secagem de sementes.** 2004. Cienc. Rural vol.34 no.2. Pelotas, RS. UFPEL.

GERDAU. **Aços planos e suas aplicações.** Disponível em: <<https://www.comercialgerdau.com.br/pt/productservices/products/Document%20Gallery/catalogo-acos-planos-cg.pdf>>. Acesso em: 28 de Out. 2016.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008



IMMES – INSTITUTO MATONENSE MUNICIPAL DE ENSINO SUPERIOR. **A importância do agronegócio para a economia brasileira.** Disponível em: <http://immes.edu.br/a-importancia-do-agronegocio-para-a-economia-brasileira>>. Acesso em: 28 de Ago. 2016

LIMA, R.F.; WINIK, S.V.; FAORO, V.; K.O.B. **Simulação do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo contínuo.** 2014. Trabalho apresentado no XXXV CNMAC, Natal,RN. v.1, p. 100.

LUSCHI. **Hidrotajeamento e suas aplicações.** Disponível em: <http://www.luschi.com.br/hidrojateamento>>. Acesso em: 30 de Out. 2

MORAES, M.L.B. **Comportamento da pressão estática e da frente de secagem em uma coluna de sementes de arroz.** 2000. p.50. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) -UFPeI.

MOSSINI, D.J. - **Validação de modelos matemáticos para estimar a temperatura e umidade relativa do ar na análise do potencial de secagem de grãos em municípios de Mato Grosso.** 2013. 57p. Dissertação Pós Graduação. Tangará da Serra, MT: UNEMAT.

PARK, K.J.; TUBONI, C.T.; OLIVEIRA, R.A. de. **Secagem: Fundamentos e Equações.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 2014. Campina Grande, v.16, n.1, p.93-127.

PERES, W. **Beneficiamento de Grãos.** 2015. 63p. Dissertação Pós Graduação. Cascavel, PR: FAG.

PETRY, V.T.; WEBER, P.E. **Modelagem Matemática dos Processos de Transferência de Calor e Massa na secagem intermitente de Grãos de Soja.** 2014. Trabalho apresentado no XXXV CNMAC, Natal,RN. v. 1, p. 87

SEIBT, E.J.; LUZ, M.L.G.; LUZ, C.A.S.; GADOTTI, G.I.; GOMES, M.C.-**Critérios técnicos para ampliação de uma unidade de beneficiamento de sementes de milho.** 2013. Formosa,GO, vol.23, nº.3, p. 71.

SILVA, L.C. **Secagem de grãos.** 2005.Alegre,ES, Trabalho Acadêmico 3,4p. UFES.

SILVA, E.S.S.; OLIVEIRA, J.; MACHADO. A.V.; COSTA, R.O. **Secagem de Grãos e Frutas.** Revista Brasileira de Agrotecnologia. 2015. Garanhuns, PE, v.5,n.1,p. 19-23.

UBS – USINA DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES. 2016. Santa Helena de Goiás,GO.

VILLELA, F.A ; SILVA, W.R. **Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente.** 1991.Scientia Agrícola, Piracicaba, v.49, n.1, p.145-153.