

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM INDÚSTRIA DE DERIVADOS DE MILHO

WESLEY FERNANDO DA SILVA

Rio Verde, GO

2023

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA ANÁLISE DA
PRODUTIVIDADE EM INDÚSTRIA DE DERIVADOS DE
MILHO**

WESLEY FERNANDO DA SILVA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Favareto

Rio Verde – GO

Janeiro, 2023

WESLEY FERNANDO DA SILVA

**APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA ANÁLISE DA
PRODUTIVIDADE EM INDÚSTRIA DE DERIVADOS DE
MILHO**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 31 de Janeiro de 2017, pela

Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof.(a). Me. ou Dr.(a) Nome do membro

Prof.(a). Me. ou Dr.(a) Nome do membro

Instituição Instituição

Prof.(a) Me. ou Dr.(a). Nome do(a) orientador(a)

Instituição

Rio Verde – GO

Janeiro, 2023

Dedicatória

Aos meus pais Maria Neta e Juber Cezar.

A minha avó Adalice de Souza.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos e por mais essa conquista na minha vida.

Finalizando essa etapa acadêmica, dedico inteiramente a minha família, que esteve sempre longe, mas sempre apoiando e me dando forças para continuar nessa caminhada, em especial a minha mãe, Maria Neta Ramos, que sempre foi uma batalhadora para manter seu filho sempre focado na graduação.

Não poderia deixar de mencionar meu irmão Guilherme, que sempre esteve comigo, nós dois longe de casa, sempre formos um apoio do outro.

Um agradecimento em especial ao meu amigo Gabriel, que sempre esteve de longe, mas não faltou apoio nessa longa caminhada.

E por último, agradecer ao Prof. Rogerio Favareto, por ter aceitado ser meu orientador, e sempre esteve a disposição para me ajudar com paciência, durante saiba que o senhor foi muito importante, muito obrigado.

E claro, deixar meu agradecimento ao Instituto Federal Goiano, que luta por seus alunos, fazendo ao máximo para deixar seus alunos preparados para o mercado de trabalho.

SILVA, Wesley Fernando. **APLICAÇÃO DO INDICADOR OEE PARA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM INDÚSTRIA DE DERIVADOS DE MILHO**. 2023. 27p. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia de alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2023.

RESUMO

Eficiência Geral do Equipamento - OEE é uma ferramenta importante para analisar os lucros de uma empresa em relação a três métricas: disponibilidade, eficiência e qualidade. Este estudo visa monitorar as ferramentas OEE e fazer recomendações para melhorar a produtividade na indústria do setor de *Commodities* que utiliza o milho como matéria-prima para o processo de embalagem do produto. Posteriormente, foram propostas as alterações e melhorias necessárias ao processo, com enfoque nos equipamentos de fim de linha, pois estes introduziam mais entraves ao processo. Ao fazer isso, eles influenciaram as métricas do OEE, permitindo pesquisas e análises de falhas.

Palavras-chave: Eficiência. Milho. OEE. Processos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. História do grão de milho	2
2.2. Produção mundial e nacional	3
2.3. Processamento do milho	5
2.4. Eficiência Global do Equipamento - OEE.....	10
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO.....	13
3.1. Impacto OEE.....	13
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1. INTRODUÇÃO

A modernização do agronegócio transformou o Brasil como o primeiro gigante alimentar do mundo. Hoje, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de produtos agropecuários do mundo. Os grãos, principalmente a soja e o milho, testemunharam o crescimento rápido da produção e da produtividade, em razão da expansão geográfica na região Centro-oeste do país e a adoção e difusão das inovações tecnológicas (BORLACHENCO & GONÇALVES, 2017; SOUZA et al., 2001).

A cadeia produtiva do milho constitui-se de: setor de insumos (fornecedores de defensivos, fertilizantes, sementes, máquinas); produção propriamente dita (produtores familiares ou empresariais); armazenamento (cooperativas e armazéns públicos ou privados); processamento (o primário abrange indústria de rações animais, de produção de amido, fubás e flocos de milho; o secundário, outros produtos finais, cereais, misturas para bolos); distribuição (para atacado e varejo, externo e interno); consumo (da propriedade rural até a indústria química); ambiente institucional (legislação e mecanismos governamentais de comercialização); ambiente organizacional (órgãos ligados à assistência técnica, crédito e pesquisa) (LEÃO, 2014).

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300 mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra (a maioria resíduo detergente neutro) e 4% de óleo. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão.

Um gerenciamento eficaz pode resultar em uma crescente produtividade para a agroindústria que tem relação com a alta demanda de produtos oriundos da produção do campo. O aumento da produtividade na indústria tem vínculo com a redução de custos nas operações e nas melhorias de qualidade. Uma ferramenta para a verificação dessa cadeia produtiva, no segmento agroindustrial, é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), com foco nas medidas da eficiência global de equipamentos (STORTTE et al., 2014).

Índice OEE é associado à metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*) traduzido como Manutenção Produtiva Total. O índice deixou de ser um indicador e tornou-se uma ferramenta de medição autônoma nas indústrias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. História do grão de milho

O milho (*Zea mays*) é originário da região do México e consumido pelos povos americanos desde 5000 a.C. Base da alimentação de maias, incas e astecas, eles o cultivavam e o utilizavam na arte e religião. O grão se expandiu para o mundo com a chegada dos europeus à América, sendo levado por Cristóvão Colombo à Europa e por navegadores portugueses para a Ásia. O milho também já era cultivado pelos índios principalmente guaranis, antes da chegada dos portugueses ao Brasil, em 1500 (ABIMILHO, 2018).

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de produtos agropecuários do mundo. Os grãos, principalmente a soja e o milho, testemunharam o crescimento rápido da produção e da produtividade, em razão pelo o aumento da área de plantio na região Centro-oeste do país e a adoção e difusão das inovações tecnológicas (BORLACHENCO & GONÇALVES, 2017; SOUZA et al., 2001).

O milho é produzido em quase todos os continentes, sendo sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos. Em termos gerais, apenas 15% de toda a produção mundial destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta (EMBRAPA, 2006) devido suas características nutricionais, sendo formado por carboidratos, proteínas e vitaminas do complexo B, faz com que este cereal se torne uma fonte de energia para o homem. Sua produção nos últimos anos trouxe grandes avanços na produção agropecuária (DIVINO et al., 2012; DE LIMA et al., 2014). A Figura 1 apresenta composição do milho, endosperma e gérmen com suas porcentagens.

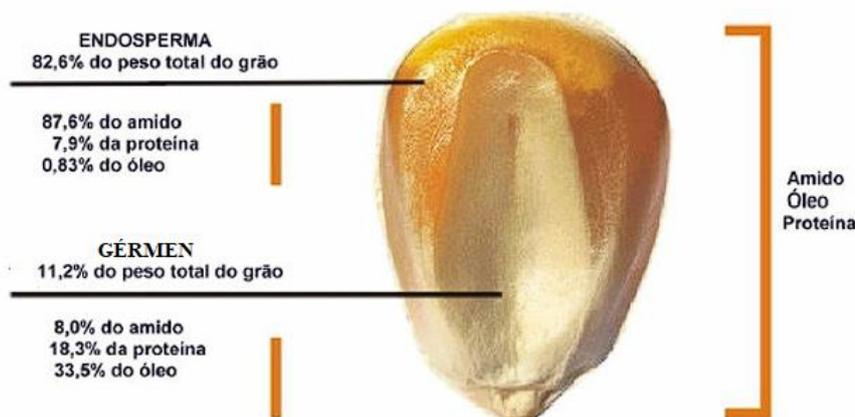


Figura 1: Composição básica do grão de milho.

Fonte: Adaptado de Vinícius Cantarelli, 2003.

2.2. Produção mundial e nacional

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, perdendo apenas para Estados Unidos e China. No grupo dos seis maiores estão ainda União Europeia, Argentina e Índia, concentrando 76% (787 milhões de toneladas) da produção de milho do planeta, em 2017/2018 (USDA, 2018). A produção mundial de milho, para a atual safra (2021/2022), está estimada em 115.223,1 mil toneladas (+32,3% em relação à safra passada do ano anterior). No quadro 1 são apresentados dados da CONAB, referente a produtividade da safra 21/22.

Quadro 1. Comparativo de área, produtividade e produção de milho segundo CONAB, ano.

  Milho total (1ª, 2ª e 3ª safra) – Safras 2020/21 e 2021/22 Comparativo de área, produtividade e produção									
REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 20/21	Safra 21/22	VAR. %	Safra 20/21	Safra 21/22	VAR. %	Safra 20/21	Safra 21/22	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
NORTE	895,6	1.033,3	15,4	3.927	4.117	4,9	3.516,7	4.254,5	21,0
RR	15,0	15,0	-	6.000,0	6.000,0	-	90,0	90,0	-
RO	212,6	215,3	1,3	5.075,9	5.031,7	(0,9)	1.079,1	1.083,3	0,4
AC	33,6	34,2	1,8	2.766,4	3.100,1	12,1	93,0	106,0	14,0
AM	8,9	9,5	6,7	2.600,0	2.500,0	(3,8)	23,1	23,8	3,0
AP	1,3	1,3	-	905,0	944,0	4,3	1,2	1,2	-
PA	358,0	392,9	9,7	3.114	3.004	(3,5)	1.114,7	1.180,1	5,9
TO	266,2	365,1	37,2	4.191	4.848	15,7	1.115,6	1.770,1	58,7
NORDESTE	2.899,9	3.222,1	11,1	3.031	3.392	11,9	8.788,9	10.930,9	24,4
MA	471,9	613,1	29,9	5.095	5.057	(0,7)	2.404,3	3.100,7	29,0
PI	523,4	578,3	10,5	4.005	4.356	8,8	2.096,0	2.519,2	20,2
CE	543,9	563,5	3,6	842	904	7,4	458,0	509,4	11,2
RN	52,9	52,3	(1,1)	523	477	(8,8)	27,7	24,9	(10,1)
PB	96,3	116,2	20,7	515	664	28,9	49,6	77,2	55,6
PE	238,2	253,2	6,3	592	569	(3,8)	141,0	144,2	2,3
AL	44,7	56,7	26,8	3.550	3.000	(15,5)	158,7	170,1	7,2
SE	174,8	174,8	-	4.172	5.505	32,0	729,3	962,3	31,9
BA	753,8	814,0	8,0	3.614	4.205	16,4	2.724,3	3.422,9	25,6
CENTRO-OESTE	9.908,8	10.707,0	8,1	4.892	5.900	20,6	48.470,1	63.173,5	30,3
MT	5.884,3	6.547,4	11,3	5.650	6.255	10,7	33.243,9	40.952,1	23,2
MS	2.125,9	2.179,5	2,5	3.024	5.343	76,7	6.429,0	11.644,4	81,1
GO	1.838,7	1.919,0	4,4	4.585	5.309	15,8	8.431,0	10.188,9	20,9
DF	59,9	61,1	2,0	6.114	6.352	3,9	366,2	388,1	6,0
SUDESTE	2.213,5	2.354,3	6,4	4.670	5.407	15,8	10.336,4	12.730,2	23,2
MG	1.314,6	1.432,7	9,0	5.344	5.845	9,4	7.024,6	8.374,6	19,2
ES	12,5	12,9	3,2	2.870	2.939	2,4	35,9	37,9	5,6
RJ	1,4	1,6	14,3	3.620	3.236	(10,6)	5,1	5,2	2,0
SP	885,0	907,1	2,5	3.696	4.754	28,6	3.270,8	4.312,5	31,8
SUL	4.025,8	4.344,5	7,9	3.971	5.555	39,9	15.984,7	24.134,0	51,0
PR	2.878,0	3.166,7	10,0	3.341	6.001	79,6	9.614,2	19.004,4	97,7
SC	346,1	353,7	2,2	5.722	6.066	6,0	1.980,4	2.145,5	8,3
RS	801,7	824,1	2,8	5.476	3.621	(33,9)	4.390,1	2.984,1	(32,0)
NORTE/NORDESTE	3.795,5	4.255,4	12,1	3.242	3.569	10,1	12.305,6	15.185,4	23,4
CENTRO-SUL	16.148,1	17.405,8	7,8	4.632	5.747	24,1	74.791,2	100.037,7	33,8
BRASIL	19.943,6	21.661,2	8,6	4.367	5.319	21,8	87.096,8	115.223,1	32,3

Fonte: Conab, 2020.

No Brasil, o Centro-Oeste é o maior produtor, entre as regiões, com estimativa de 63.173,5 mil de toneladas; o Sul contribuiu com 24.134,0 mil de toneladas e o Sudeste fechando os três maiores produtores do Brasil, com 12.730,2 mil toneladas. O Mato Grosso é o maior estado produtor (estimado de 40.952,1 mil de toneladas), seguido do Paraná (19.004,4 mil de toneladas), Mato Grosso do Sul (11.644,4 mil toneladas) e Goiás (10.189,9 mil toneladas).

O milho tem duas safras, a primeira sendo a de verão, e a segunda, de inverno, chamada 'safrinha'. O plantio é zoneado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e tem alto potencial produtivo, se observada a época correta do plantio, que sofre

influência da temperatura, da apesar de ser exigente em água, pode ser cultivada em regiões onde as precipitações vão de 250 mm a 5.000 mm anuais, sendo geralmente uma cultura de sequeiro, do tempo de exposição da planta à luz solar e em cuja absorção o milho é uma planta muito eficiente, fixando gás carbônico pela fotossíntese (ETENE, 2018).

2.3. Processamento do milho

No Brasil, o milho pode ser aproveitado ainda imaturo para colheita, como no caso do milho-verde, geralmente consumido cozido, assado ou em conservas. É também utilizado na fabricação de inúmeros pratos doces e salgados, como cuscuz, pães, bolos, polentas, pamonhas, curau, creme de milho, além do óleo, xarope, farinhas e bebidas destiladas (EMBRAPA, 2011).

Em escala industrial as etapas de pré-processamento do milho caracterizam-se pela colheita, secagem, limpeza, armazenamento e acondicionamento dos grãos.

A secagem, apesar de permitir conservação segura dos grãos por um período relativamente longo (LAZZARI, 1999), é uma operação crítica que pode causar danos expressivos à qualidade, com reflexos tanto no valor nutritivo como no rendimento industrial dos grãos de milho. Essencialmente, podem ser considerados dois métodos de secagem: natural e artificial (HALL, 1980).

De acordo, com a capacidade de processamento da fábrica ou a produção nas fazendas, há necessidade de manter grande estoque armazenado. O armazenamento pode conter milho por dias, ou meses, desde que sejam seguidos adequadamente padrões e normas para armazenagem de grãos (EMBRAPA, 2011).

Para obter milho de qualidade satisfatória e reduzir o risco de deterioração por fungos, recomenda-se armazená-lo em silos, que são de dois tipos: vertical e horizontal. Os silos verticais têm uma proporção de 2:1 e podem ser feitos de chapa ou concreto. O silo ou celeiro horizontal é baixo em altura, tem uma base grande e não é selado, então a fumigação é difícil. No descarregamento do grão, o milho pode ser seco após o enchimento do silo (em lotes) ou em camadas.

No descarregamento dos grãos, o milho pode ser seco após o enchimento completo do silo em lotes ou em camadas. Quando se adota a secagem em lotes (silo cheio) a secagem é lenta e, portanto, a umidade do grão deve ser de, no máximo 13%. Isto reduzirá o desenvolvimento de patógenos em pós-colheita. A secagem também pode se realizar em camadas, de forma a se realizar a secagem numa massa de grãos, interrompendo o enchimento do silo, até que esta camada esteja seca. Em seguida, é descarregada nova camada de grãos e realizada nova secagem. Isto se repetirá até que se atinja o limite de armazenagem do silo. Na

secagem em camadas é recomendável adotar-se a aeração de manutenção nos grãos que aguardam a secagem. A secagem de ambos os processos poderá ser em temperatura ambiente, com o ventilador sendo ligado ao mesmo tempo em que se realiza o enchimento do silo. Ao se associar um aquecedor ao ventilador, realiza-se secagem com ar aquecido, acelerando esta etapa do processo, porém correndo-se o risco de secar o milho além do recomendado. A secagem com ar aquecido deve ser seguida de seca-aeração para se reduzir a temperatura da massa de grãos, ainda um pouco úmida, mais rapidamente. Durante o armazenamento, a massa de grãos tende a ter sua temperatura elevada naturalmente devido à liberação de calor proveniente do processo respiratório. Deve-se proceder aeração de resfriamento quando existir um gradiente de temperatura superior a 5 °C entre a massa de grãos e a temperatura externa, no próprio silo de armazenagem ou com a transferência da massa de grãos para outro silo (transilagem) (SINHA; MUIR, 1973; BROOKER et al., 1992).

A industrialização do milho, para produção de alimentos e outros produtos, é dividida em dois processos: um menos tecnológico, obtendo-se produtos com menor valor agregado, processo de moagem a seco, e o outro, com ampla aplicação tecnológica, é o processo de moagem úmida, realizado por grandes empresas, gerado produtos de maior valor agregado (EMBRAPA, 2011).

2.3.1. Moagem via seca

Na figura 2 é apresentado um fluxograma do processo de moagem a seco, onde acontece a separação do grão degerminado em endosperma, pericarpo e gérmen.

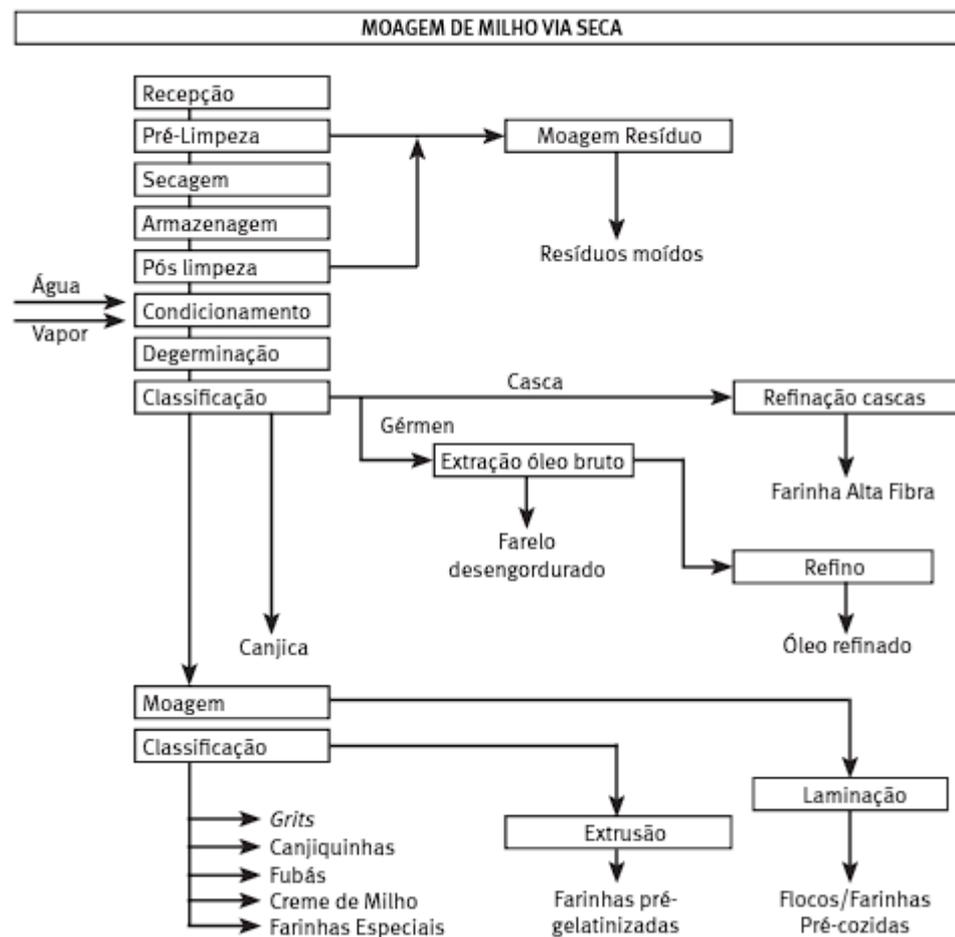


Figura 2: Fluxograma do processo de moagem a seco.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho).

O processo de degerminação é realizado por meio de canjiqueiras, de alimentação e descarga intermitentes ou contínuas, que removem, além do gérmen, o pericarpo do grão de milho (CARDOSO et al.,2011).

Esse processo é, em geral, comprometido pela ausência de padronização nas características da matéria-prima. A degerminação busca a obtenção de endosperma limpo, com menor conteúdo de lipídios, por conseguinte, gérmen com o máximo teor lipídico possível. O milho degerminado pode ser designado como canjica (*flaking grits*), sendo caracterizado pelo endosperma em pedaço desprovido da película e do gérmen. No Brasil, algumas empresas comercializam um tipo especial de milho degerminado com o endosperma integral, chamado de canjição, para o preparo de canjica doce (CARDOSO et al.,2011).

O milho degerminado, separado após canjiqueira, apresenta rendimento variável, com valor em peso próximo a 57% de milho degerminado total, distribuído em 48% de milho

degerminado grosso (canjica), 5,7% de canjica média, 3,3% de canjica fina e 43% de farelo (CARDOSO et al.,2011).

A moagem é todo processo e qualquer processo empreendido para mudar as características físicas de um ingrediente, objetivando a redução de suas partículas, seja para melhorar sua habilidade de mistura ou para aumentar a disponibilidade de seus nutrientes. As principais razões para a moagem de partículas nos processos de fabricação de alimento são: aumentar a área superficial; facilitar a manipulação de ingredientes; melhorar as características de mistura dos materiais; aumentar a eficiência do processo de peletização e extrusão; e diminuir perdas. O Quadro 2 mostra os tipos de canjica e fubás produzidos depois da moagem, bem como os principais alimentos onde são utilizados. No Brasil, em relação aos tipos de fubá e farinha de milho produzidos, têm-se algumas peculiaridades, pois há vários tipos de fubá, que podem variar tanto na granulometria quanto na forma de produção – o mesmo é válido para a farinha de milho (EMBRAPA, 2011).

Quadro 2: Tipos de canjicas, granulometria e finalidades.

Frações moídas	Granulometria (US Mesh)	Finalidade industrial
Canjica de milho	Peneira 3,6 a 6	Produção de cereal matinal (corn flakes) e canjica (sobremesa brasileira).
Canjica grosseira	Peneira 10 a 20	Produção de cereais matinais e snacks.
Canjica regular	Peneira 15 a 30	Industria de cerveja, produção de cereal matina e snacks.
Canjica fino	Peneira 30 a 40	Produção de cereais matinais e snacks. Também utilizado como carboidratos fermentescíveis para preparação de bebida destiladas
Fubá de milho	Peneira 40 a 60	Fabricação de produtos de panificação, massas e pratos regionais (Brasil).
Farinha de milho	Peneira 60	Produção de pães e em misturas de farinhas. Basicamente amido.

Fonte: Adaptado de Salvidar; Rooney, 1994.

2.3.2. Moagem via úmida

A moagem úmida difere da moagem a seco pela presença de uma etapa de maceração durante o processo, cuja finalidade é aumentar a eficiência da separação dos grânulos de amido e proteínas do endosperma, por meio da incorporação de água ao grão, resultando em maiores números de produtos (CARDOSO et al., 2011).

Na figura 3 é mostrado um fluxograma da moagem por via úmida.

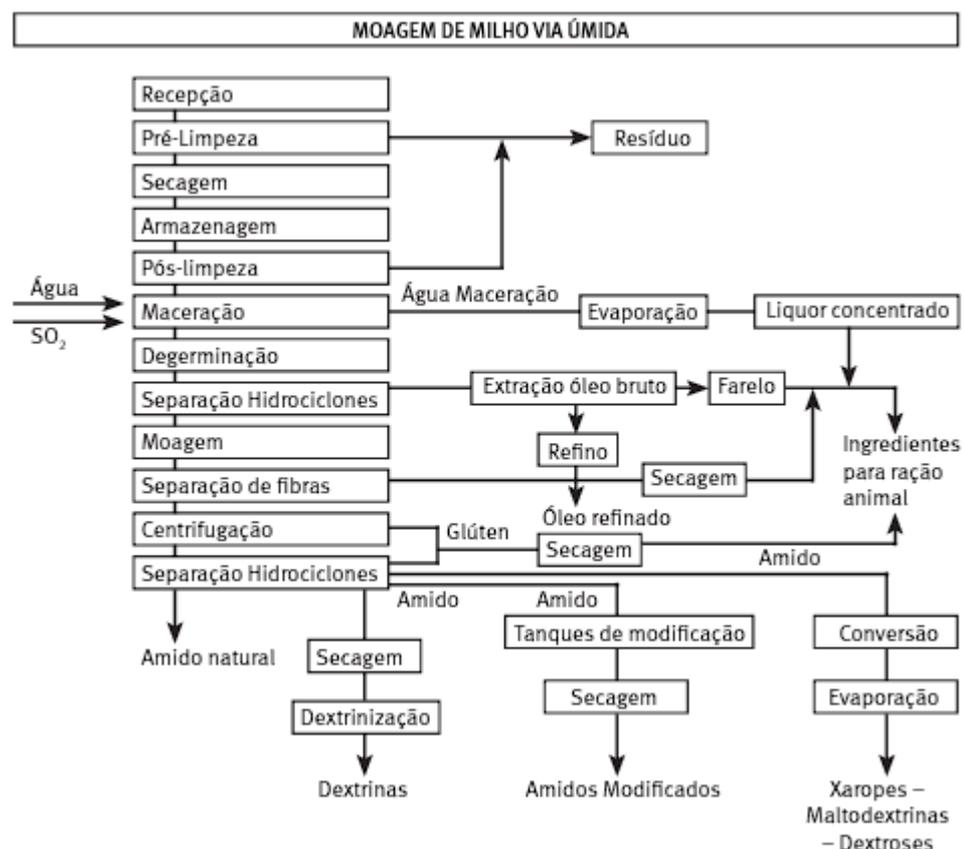


Figura 3: Fluxograma do processo de moagem via úmida.

Fonte: Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho).

O primeiro passo nesse processo é a maceração ou acondicionamento dos grãos de milho, que mantidos em tanques de aço inoxidável com fluxo de água contracorrente aproximadamente a 50 °C, durante 24 a 48 horas. No entanto, esse tempo pode ser reduzido para seis horas quando fragmentos, em vez dos grãos inteiros, (ECKHOFF et al., 1992), ou enzimas (JOHNSTON et al., 2002) são utilizados, não havendo perda da produção de amido ou

de sua qualidade. O acondicionamento permite ainda aumentar a recuperação do gérmen íntegro, bem como facilita a separação de casca e fibra.

Ao término do processo, a água é recuperada por evaporação a vácuo e reutilizada em nova etapa de acondicionamento ou na composição de meios de cultura de microrganismos, para produção de diversos compostos de interesse (CARDOSO et al.,2011).

Para retirar e separar o gérmen, os grãos macerados e a água são direcionados a um moinho de discos para triturar o grão e separar o gérmen, cuja estrutura deve permanecer íntacta.

O gérmen obtido é limpo, para remoção de resíduos de amido, e em seguida, prensado, para retirado do excesso de água, e seco em evaporadores, seu óleo é extraído por prensas mecânicas e, ou, solventes, sendo filtrado e armazenado, enquanto o resíduo gerado é utilizado na alimentação animal (EMBRAPA, 2011).

Na moagem úmida, ao final da separação dos componentes, são obtidos diversos produtos, como amido, óleo e glúten, e subprodutos (ração de glúten, fibras, farelo de gérmen, sólidos da água de maceração). Estes são utilizados na fabricação de ração. Ainda, a partir do amido são produzidos os amidos modificados, dextrose, dextrina, maltodexdextrina, xaropes de elevado teor de frutose, xarope de glicose, adoçantes, álcool combustíveis e para bebidas (KENT; EVERS, 1993).

2.4.Eficiência Global do Equipamento - OEE

De acordo com Garza-Reyes et al. (2010), o OEE é uma métrica quantitativa que não é somente para controlar e monitorar a eficiência dos equipamentos da linha de produção, mas da mesma forma é usado como indicador e condutor do processo.

Com o uso do indicador OEE é possível identificar a máxima eficácia que o sistema pode atingir em um período pré-estabelecido, o que dá suporte na definição de metas coerentes com a realidade dos processos, pois ele consegue agregar e interligar, como categorias primárias, três elementos importantes do processo produtivo – Disponibilidade, Performance e Qualidade (ARAUJO, 2009).

A Figura 4 mostra aproximadamente como os três domínios principais do indicador OEE se relacionam entre si e os elementos individuais que compõem cada domínio. O entendimento dessa interligação permite a atribuição de paradas dentro dos respectivos índices responsáveis.



Figura 4: Elementos da avaliação de eficiência global de equipamentos.
 Fonte: Adaptado de Vieira, 2017.

Conforme Murino (2012), o *World Class OEE* (índice mundial utilizado pelas empresas) é um programa de inovação baseado na melhoria contínua, o qual visa à eliminação de todos os tipos de desperdícios e perdas de produção através de todos os níveis e departamentos, tendo como principal propósito o sucesso no mercado com alta qualidade de produtos a preços competitivos, respondendo às necessidades dos clientes, assegurando máxima flexibilidade.

O resultado do OEE é obtido pelo produto dos três elementos que compõem o OEE, na fórmula seguinte:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade (\%)} \times \text{Performance (\%)} \times \text{Qualidade (\%)}$$

Segundo Cardoso (2013), Dentro dos padrões estabelecidos pela *World Class*, a planta deve ter 85% de eficiência. O *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) define valores mínimos para uma empresa ser considerada de classe mundial: Desempenho deve ser de no mínimo 95%; Disponibilidade deve ser superior a 90%; Qualidade deve ser de no mínimo 99%.

2.4.1. Disponibilidade

De acordo com Lemos (2016), a disponibilidade é a relação entre o tempo que o equipamento ou processo deve estar disponível para produção e o tempo total que o

equipamento ou processo está realmente em produção. Trata-se de ampliar o nível de disponibilidade e reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos e de reparos. Nesse caso, é imprescindível garantir a máxima eficiência em relação à agilidade para solucionar possíveis falhas ou até mesmo fiscalizações. A disponibilidade é calculada da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{tempo de produção planejada} - \text{perdas por disponibilidade}}{\text{tempo de produção planejada}} \times 100$$

Pezarim (2017) o impacto do tempo de inatividade da máquina na qualidade do produto é descrito. Segundo os autores, a paralisação afeta a produção e a qualidade do produto acabado. As configurações e ajustes também afetam a disponibilidade, esta operação é determinada quando a produção é interrompida para adequação de instalações e equipamentos, sendo esta operação condicionada ao planejamento e controle da produção, pois interfere nas mudanças do produto.

2.4.2. Performance

Segundo Vanzan (2015), quando se refere a máquinas, a performance representa a capacidade de produzir de forma eficiente. A performance na condução da estratégia exige uma mudança na forma de olhar as ações e precisa estar inserida na filosofia de trabalho, não é uma simples receita a ser executada.

Um dos motivos que deve ser monitorado quando se trata em desempenho de produção são as pequenas paradas e ociosidade. Nesse requisito, é essencial compreender o funcionamento da linha de produção para que consiga realizar uma avaliação criteriosa e identificar os empecilhos da linha para que haja um fluxo contínuo da produção, realizando com que máquinas não fiquem ociosas na linha de produção. Segundo Araújo (2009), empecilhos é qualquer recurso cuja capacidade é inferior a demanda.

O benefício de identificar e eliminar gargalos é o aumento da produtividade, o que gera economia de mão de obra, redução de custos de produção e agilidade na execução das atividades que envolvem a linha de produção.

A queda na velocidade faz com que a produção funcione com menos regularidade do que o normal. Essa queda pode ocorrer devido a diversos fatores, como desgaste das peças, superaquecimento por refrigeração insuficiente e lubrificação dos mancais.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo total programado}}{\text{Tempo total produzindo}} \times 100$$

2.4.3. Qualidade

O desenvolvimento de novas tecnologias que propiciaram maior confiabilidade às ferramentas de controle utilizadas, permitiu que uma nova e importante mudança na abordagem da questão da qualidade nas empresas fosse introduzida (ROTH, 2011).

A qualidade deixou de ser um aspecto do produto e responsabilidade apenas de departamento específico, passando a ser um problema da empresa, abrangendo, como tal, todos os aspectos de sua operação (MACHADO, 2012).

Os cálculos da qualidade são feitos da seguinte forma:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Unidade boa}}{\text{Unidade realizada}} \times 100$$

O estudo tem por base uma linha de produção da indústria alimentar e como tal as preocupações com o processo devem ser realizadas de forma rigorosa, pelo que, para além da insatisfação dos clientes por não equivalência ou qualidade insuficiente dos produtos, existe também um risco de interferência direta na saúde humana.

É importante que se regulem os parâmetros, para medir e identificar como reaproveitar o material rejeitado, pois a qualidade da produção é estabelecida através da redução dos níveis de aproveitamentos dos materiais novos e reaproveitados de outros, vindos da linha de produção (SENAI, 2013).

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO

Estágio não obrigatório na área de PCP - Planejamento e Controle da Produção, realizado em uma empresa processadora de milho localizada na região sudeste do Estado de Goiás. Esse estudo já vinha sendo feito, mas descobriu-se que havia muito pouca informação sobre bom uso, então desenvolvemos esta planilha para obter melhores informações sobre produtividade.

3.1. Impacto OEE

Os resultados do OEE podem ser rastreados em toda a indústria, desde as etapas iniciais do processo até o produto chegar ao palete. O desempenho afetado está relacionado a pequenas paradas do processo, menos de 2 minutos fará com que o processo fique lento e com isso afetará as métricas. A Figura 5 abaixo é apresentada uma planilha que o responsável pela área preencheria as paradas durante seu turno.

RELATÓRIO TURNO							
Degerminação							
Performance		Impacto de redução					
Horas (h)	Produção (tons)	Equipamento (Mencionar se o impacto da redução/ parada de degerminado é devido degerminadora ou outro equip.)	Motivo de parada (Mecânica/ Elétrica/ Automação/ Comercial/ Projeto/ Operacional/Programada)	Tempo Total Parado (h)	Quantidade de máquinas paradas	DESVIO DO DIA	
	1	2	3	4	5		
14:00 - 15:00	● 34,5	Limpeza de linha.	Mecanica	0:20	21	PROGRAMADA	PRODUÇÃO DE CANJICA
15:00 - 16:00	● 35,85	Limpeza de linha.	Mecanica	0:15	21	PROGRAMADA	10 SIM
16:00 - 17:00	● 46,4	Limpeza de linha.	Mecanica	0:05	21	6 PROGRAMADA	
17:00 - 18:00	● 37,42	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
18:00 - 19:00	● 45,44	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
19:00 - 20:00	● 36,41	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
20:00 - 21:00	● 41,59	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
21:00 - 22:00	● 45,78	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
Balança de fluxo	8 323,390		8	0:00		VELOCIDADE TURNO	
						84,00%	
Capacidade de degerminação	7 385,00		9			OE (eficiência das operações) TURNO	
						100,00%	
						OEE (Eficácia geral do equipamento) TURNO	
						84,00%	

Figura 5: planilha para preenchimento de paradas turno A.

Fonte: Criado pelo autor, 2022.

Na Figura 5 como pode ser observado, é uma planilha enumerada para que seja dita cada característica da planilha de Impacto de OEE:

- 1 – Massa de milho degerminado por hora em toneladas;
- 2 – Qual linha/equipamento que houve parada;
- 3 – Qual motivo da parada do equipamento;
- 4 – Tempo total do equipamento parado;
- 5 – Quantidade de máquinas parada nesse tempo;
- 6 – Tipo de parada na produção;
- 7 – Capacidade máximo total de degerminação;
- 8 – Total de milho que passou na balança;
- 9 – Tempo total de parada por turno;
- 10 – Se houve produção de milho esmagado.

Na produção, a unidade de tonelada é a quantidade de matéria-prima que passou pela balança de vazão por hora, para termos uma boa produção precisamos que a balança de vazão meça mais de 40 toneladas por hora. A produção afeta diretamente o cálculo final do OEE, seja para cima ou para baixo. Menos de 35 toneladas foram marcadas em vermelho, 35 a 40 toneladas foram marcadas em amarelo e mais de 40 toneladas por hora foram marcadas em verde para indicar que o equipamento máximo disponível é usado para degerminação.

A limpeza da linha é feita uma vez por semana, isso afeta os equipamentos e todos os 21 equipamentos são parados para que todos os equipamentos sejam limpos evitando a presença de bactérias ou quaisquer outros organismos que interfiram na qualidade do produto. Os equipamentos responsáveis pela trituração do milho, temos moinho de cilindros e moinho de martelos, após a trituração do milho, o produto passa por peneira quadrada alta, separados por granulometria.

Pela Figura 6, não há produção de canjica, com isso, não foram utilizados os 21 equipamentos, sendo assim, afeta o resultado final do OEE Turno para baixo por ter alguns equipamentos parados, enquanto a figura 5 mostra o resultado do OEE Turno superior do turno B, representado pela a figura 6. Segundo Cardoso, o OEE está próximo de Estabelecimento de *World Class* nível médio, que é de 85%.

Podemos ter vários motivos para paralisações, alguns dos quais são comuns, como: mecânicos, elétricos, processuais, operacionais e comerciais. Quando o departamento comercial/vendas não consegue vender um determinado produto, uma parada comercial acabará resultando na parada da linha de produção do produto, afetando o cálculo final do OEE.

Um desligamento preventivo tem um efeito corretivo junto com esta operação. Em poucas palavras, a prevenção é o processo de antecipar uma falha de máquina e corrigi-la imediatamente, a máquina quebra, fazemos a manutenção para que a falha não ocorra novamente.

Como mencionado anteriormente, uma balança de fluxo é a quantidade de milho que passou pela balança e a mede. A quantidade máxima de degerminação é equivalente a 385,00 Kg, ou seja, não haverá perda durante o processo de degerminação.

RELATÓRIO TURNO							
Degerminação							
Performance		Impacto de redução					
Horas (h)	Produção (tons)	Equipamento (Mencionar se o impacto da redução/ parada de degerminado é devido degerminadora ou outro equip.)	Motivo de parada (Mecânica/ Elétrica/ Automação/ Comercial/ Projeto/ Operacional/Programada)	Tempo Total Parado (h)	Quantidade de máquinas paradas	DESVIO DO DIA	
	1	2	3	4	5		
14:00 - 15:00	34,5	Limpeza de linha.	Mecanica	0:20	21	PROGRAMADA	PRODUÇÃO DE CANJICA 10 NÃO
15:00 - 16:00	35,85	Limpeza de linha.	Mecanica	0:15	21	PROGRAMADA	
16:00 - 17:00	46,4	Limpeza de linha.	Mecanica	0:05	21	6 PROGRAMADA	
17:00 - 18:00	37,42	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
18:00 - 19:00	45,44	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
19:00 - 20:00	36,41	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
20:00 - 21:00	41,59	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
21:00 - 22:00	45,78	Moinho martelo	Mecanica		9	INTERNO ÁREA	
Balança de fluxo	323,390		8	0:00		VELOCIDADE TURNO	70,00%
	8					OE (eficiência das operações) TURNO	100,00%
Capacidade de degerminação	7 462,00		9			OEE (Eficácia geral do equipamento) TURNO	70,00%

Figura 6: planilha preenchida com as paradas ocorridas no turno B.

Fonte: Criado pelo autor, 2022.

Como podemos ver na Figura 6, o tempo de inatividade da máquina é relativamente curto, o que afeta a eficiência da máquina é bem aproveitada no processo de degerminação, ou seja, obtemos uma porcentagem bastante alta no OEE, dada a situação atual em a empresa, existe um projeto de melhoria de produtividade lá, mas o projeto ainda está sendo aprimorado para que possamos atingir o nível de produtividade desejado.

Para saber os resultados de eficiência de cada turno, conforme a Figura 6, temos uma velocidade de turno equivalente a performance, e basta dividir a quantidade de germinação pela escala de fluxo para obter 70% da velocidade (performance).

OE turno equivale a formula de disponibilidade, que é o tempo de cada turno (8 horas) subtraindo com o tempo de parada que as máquinas ficaram disponíveis para produção, que foram causadas por quebra de equipamento (interno área), dividindo pelo o tempo de produção do turno (8 horas).

Durante a implementação desse estudo adotamos qualidade como 100%, pois é um estudo novo e estamos terminando projeto de ampliação de produtividade.

E por fim, para encontrar o OEE (Eficácia geral do equipamento), fazemos a multiplicação dos 3 elementos: performance, disponibilidade e qualidade, e teremos o resultado final do turno A de 84% pela a figura 5 e de 70% de eficiência geral de produção, como na figura 6.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou os resultados do indicador OEE que ao curto, médio, longo prazo pode ser melhorado com alguns investimentos no processo.

O estudo, inquestionavelmente, proporcionou uma visão de todo o processo, desde a entrada de produto, medindo a qualidade, até a saída do produto final.

Contudo, após esse trabalho, passaram a fazer parte, além da mudança no horário para paradas de refeições - que consideravam 100% de todo processo parado no almoço, mas por conta de alguns revezamentos entre as equipes de trabalho, o processo não ficava totalmente parado.

As melhorias indicadas nos resultados poderão proporcionar um retorno positivo para empresa, cujo trabalho não apresenta os resultados após as mudanças. Atitudes simples podem ser modificadas em um processo, proporcionando ganhos consideráveis. Plano de manutenção focado em resolver problemas de máquinas, alteração no processo e atualização de componentes para um bom funcionamento de equipamentos da linha produtiva são medidas possíveis e acessíveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO. O cereal que enriquece a alimentação humana. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/milho/cereal>. Acesso em: 21 de julho de 2022.

ARAUJO, Marco Antonio. **Administração de produção e operações**. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

Borlachenco, N. G. C., & Gonçalves, A. B. (2017). Expansão agrícola: Elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. *Interações*, 18(1), 119-128. doi: [http://dx.doi.org/10.20435/1984-042X-2017-v.18-n.1\(09\)](http://dx.doi.org/10.20435/1984-042X-2017-v.18-n.1(09))

Brooker, D. B.; Bakker-Arkema, F. W.; Haal, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI. 1992. 450p.

CARDOSO, Caique. **OEE na Prática. Gestão de Produção com índice OEE**. Kitemes, 2013.

EMBRAPA. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>. Acesso em: 21 de julho de 2022.

EMBRAPA. Indústria do milho. Disponível em: **(FALTA COLOCAR O LINK)**. Acesso em: 21 de julho de 2022.

ECKHOFF, S. R.; JAYASENA, W. V.; SPILLMAN, C. K. Wet milling of maize grits, **Cereal Chemistry**. v70 , p257-259 , 1992.

FAO, 1998. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the information Network on Post-Harvest Operations (INPhO). **Maize in Human Nutrition**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E00.htm#Contebts>>. Acesso em: 01 fev .2010.

ETENE. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste**. Disponível em: https://198.17.120.50/s482-dspace/bitstream/123456789/1038/1/2018_CDS_51.pdf. Acesso em: 21 de julho de 2022.

GARZA-REYES, J. A. et al. **Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: A relationship analysis**. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 27, n. 1, pp. 48-62, 2010.

KENT, N. L.; EVERS, A. D. Technology of cereals. In: KENT, N. L.; EVERS, A. D. (Ed.). **Wet milling:starch and gluten**. BPC Wheatons, 1993. p259-268.

LEMOS, Carina. **Análise da Capacidade produtiva dos equipamentos através do indicador OEE em um setor de salgadinho de uma indústria alimentícia**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016.

MURINO, T. **A World class manufacturing implementation model Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering**. Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering Journal, Italy, 2012.

LAZZARI, F. A. Controle de micotoxinas no armazenamento de grãos e subprodutos, In: SIMPÓSIO SOBRE MICOTOXINAS EM GRÃOS. Fundação Cargill. 1999. **Anais...**Santo Amaro: Fundação ABC. 1999. p81-106.

LEÃO, H. C. S. **Análise setorial grãos – milho**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2014.

MACHADO, Simone Silva. **Gestão da qualidade / Simone Silva Machado**. – – Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

PEZARIM, Geovani Augusto. **Proposta de redução de paradas de produção de uma indústria de fornecimento de borracha no sul do Brasil**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Série Logística: Controle de Produção**. Departamento Nacional, Departamento Regional da Bahia. – Brasília: SENAI/ DN, 2013.

Sinha, R. N. **Interrelations of physical, chemical and biological variables in the deterioration of stored grains**. In: Sinha, R. N.; Muir, W. E. (ed.). Grain storage: part of system. Westport, 1973. p.15-47.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Production, Supply and Distribution. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 21 de julho de 2022.

VANZAN, Rodrigo. **Você (realmente) sabe o que é performance?** 4Buzz, 2015. Disponível em: < <https://canaltech.com.br/gestao/voce-realmente-sabe-o-que-e-performance41791/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

WATSON, S. A. Structure and composition. In: WATSON, S. A.; RAMSTAD, P. E. (Ed.). Corn: chemistry and technology. St Paul: American Association Cereal Chemistry, 1987. p. 53-82.