

Caracterização e gerenciamento dos resíduos gerados no beneficiamento das sementes de milho

Characterization and management of waste generated in the improvement of corn seeds

Larissa Leite de Araújo¹, Gustavo Soares Wenneck², Reni Saath³, Gabriel Ramos Donini⁴, Josélia Portilho dos Santos⁴, Danilo César Santi²

RESUMO: O estudo teve como objetivo a caracterização dos resíduos gerados em Unidade de Beneficiamento de Sementes de milho e promover alternativas gerenciais a sua destinação. Foram acompanhadas as atividades na unidade para coletar dados referentes aos resíduos gerados nas etapas do beneficiamento, da recepção do milho em espiga à armazenagem das sementes, em sete lotes, aleatoriamente, selecionados na recepção dos caminhões no período janeiro/fevereiro 2018. Para o mapeamento da geração de resíduos sólidos o levantamento das informações, a caracterização dos resíduos gerados, através da composição gravimétrica e classificação seguiu os critérios da NBR 10.004 e 10.007. Relacionado à quantidade e tipos de resíduos, predomina a geração de resíduos sólidos de Classe II, a maioria recicláveis e potenciais de redução dos custos de produção; há necessidade de conscientização referente à coleta seletiva, principalmente em relação aos resíduos sólidos de Classe I e de treinamento que incentive os colaboradores para uma gestão integrada de resíduos sólidos. Nos âmbitos técnicos e ambientais, a reutilização de resíduos gerados na UBS como subprodutos da produção de sementes se apresenta com grande capacidade de solucionar parte dos problemas ambientais causados pelo processo, como fonte de energia, alimentação animal e substrato vegetal gerar renda e reduzir custos. O mapeamento dos resíduos gerados na produção de sementes na UBS permitiu apontar gargalos e soluções considerando parâmetros econômicos e ambientais para um programa de gestão ambiental eficiente.

Palavras-chave: Biomassa residual. Potencial energético. Pré-processamento. Subproduto agrícola. *Zea mays*.

ABSTRACT: The study aimed to characterize the waste generated in the Corn Seed Processing Unit and to promote management alternatives to its destination. The activities in the unit were monitored to collect data regarding the waste generated in the processing stages, from the reception of corn on the cob to the storage of seeds, in seven lots, randomly selected at the reception of the trucks in the period January/February 2018. For the mapping of solid waste generation, the information survey, the characterization of the waste generated, through the gravimetric composition and classification followed the criteria of NBR 10.004 and 10.007. Regarding the amount and types of residues, the generation of Class II solid residues predominates, most of them recyclable and with the potential to reduce production costs; there is a need for consent regarding selective collection, especially in relation to Class I solid residues, and training to encourage employees for an integrated solid residue management. In the technical and environmental spheres, the reuse of residues generated at the BHU as byproducts of seed production presents itself with a great capacity to solve part of the environmental problems caused by the process, as a source of energy, animal feed, and plant substrate to generate income and reduce costs. The mapping of the waste generated in the production of seeds in the UBS allowed pointing out restrictions and solutions considering economic and environmental parameters for an efficient environmental management program.

Keywords: Agricultural by-product. Energetic potential. Pre-processing. Residual biomass. *Zea mays*.

Autor correspondente:

Larissa Leite de Araújo: larissa_leite_araujo@botmail.com

Recebido em: 30/01/2020

Aceito em: 15/09/2020

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das plantas cultivadas com grande importância para o Brasil, com possibilidade de cultivo em diversas regiões do país, apresentando estimativa nacional de área colhida para safra 2018/2019 de 17.254,8 mil hectares e uma produção de 98.504,0 mil toneladas (CONAB, 2019).

¹ Técnica em Agropecuária, discente no curso de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.

² Engenheiro Agrônomo. Discentes no Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.

³ Doutora em Agronomia, docente do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.

⁴ Discentes no curso de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá (PR), Brasil.

Na produção agrícola, a semente comercial é o insumo com elevado agregado, apresentando diversas tecnologias envolvidas através do melhoramento genético permitindo o sucesso em diversas condições. Sua produção é realizada dentro de padrões rigorosos de qualidade, que aliado às práticas culturais, como uso adequado de fertilizantes e defensivos (UTINO *et al.*, 2018), potencializa o desempenho no campo, maximizando assim a produtividade.

Associada às características genéticas herdadas de seus progenitores, a qualidade fisiológica das sementes pode ser afetada pelo manejo de cultivo, ocorrência de insetos, estresse hídrico e condições climáticas, especialmente temperaturas extremas durante a maturação. Embora, objetivando sementes de alta qualidade, as técnicas de colheita, beneficiamento (secagem, classificação) e armazenamento, adotadas pela unidade de beneficiamento de sementes (UBS) podem reduzir a germinação e o vigor das sementes (ANDRADE *et al.*, 2001).

Deste modo, o beneficiamento apresenta-se como a etapa primordial na manutenção da qualidade do lote de sementes, onde os mesmos necessitam ser beneficiados e manipulados de forma adequada, caso contrário, os esforços anteriores com a fase de produção das sementes podem ser anulados (NERLING *et al.*, 2014). Operacionalmente, permite a separação de sementes em frações mais uniformes, pela eliminação das impurezas, das sementes de outras espécies e de mesma cultivar e/ou genótipo, que por ventura apresentem características indesejáveis à qualidade do lote (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Na UBS de milho, o beneficiamento das sementes gera um índice elevado de resíduos para aprimorar as características do lote (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Nas diferentes etapas, os resíduos são gerados principalmente no processo de pré-limpeza e pré-seleção de espigas (MENEZES *et al.*, 2002).

A racionalização das etapas de beneficiamento pode garantir o melhor escoamento do produto dentro da unidade e assegurar a manutenção da qualidade final (KOLLING *et al.*, 2012). Porém, devido à variação no tamanho e na forma das sementes na própria espiga, das etapas despalhada, pré-secagem da espiga, debulhada e limpeza das sementes, o lote segue à classificação, onde visando a qualidade fisiológica (germinação e vigor), as sementes são separadas por tamanho e densidade (MENEZES *et al.*, 2002).

O objetivo deste estudo foi caracterizar e levantar alternativas para o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) de milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Plantas Mediciniais e Tecnologia Pós-Colheita, da Universidade Estadual de Maringá, localizada no município de Maringá (PR). A coleta de informações foi conduzida junto à Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) situada na latitude 23°13'29''S, longitude 51°39'47'' Oeste e altitude de 656 m, no Estado do Paraná, Brasil.

Para elaboração desta análise o mapeamento e a identificação da geração de resíduos durante o beneficiamento das espigas de milho na UBS, foi realizado conforme Andrade e Chiuvite (2004). O levantamento de informações foi dividido em duas etapas, a primeira desenvolvida na UBS ocorreu durante as operações de recebimento, pré-limpeza, limpeza e seleção das espigas de milho, antes da secagem. A segunda etapa foi conduzida no Laboratório de Plantas medicinais e Pós-colheita de Produtos Agrícolas do Departamento de Agronomia - DAG da Universidade Estadual de Maringá - UEM/Campus Sede. Para quantificar e classificar os resíduos gerados na unidade de beneficiamento de sementes de milho (Figura 1), a coleta dos dados foi realizada de sete lotes de espigas (caminhões), aleatoriamente, selecionados do total de caminhões de milho recebidos na unidade no período de janeiro/fevereiro de 2018. De cada etapa do beneficiamento das espigas, os resíduos foram pesados e amostras (5,00 kg) levadas ao

laboratório, onde o material foi separado, identificado, pesado e realizada a classificação dos resíduos de acordo com a norma NBR 10.004/2004, que estabelece a classificação de resíduos sólidos em função do potencial poluente na descrição do sistema de beneficiamento na UBS.

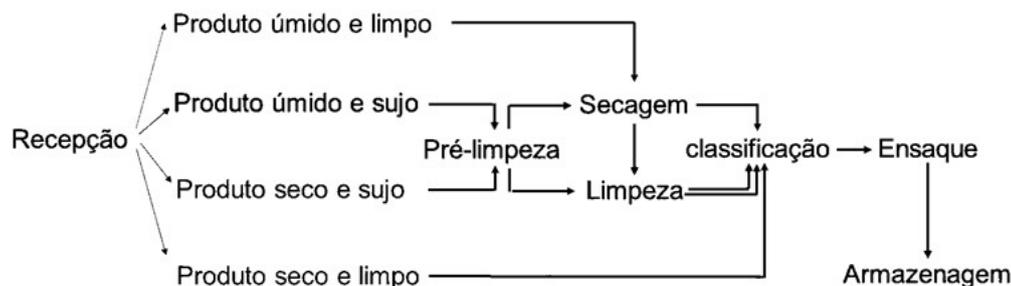


Figura 1. Fluxograma do processo de beneficiamento de sementes cujas etapas foram coletadas a partir dos dados na UBS.

No recebimento em dez diferentes pontos na descarrega do lote coletaram-se espigas, conforme instrução normativa IN 45 de 17/09/2013 (BRASIL, 2013), que foram debulhadas na sala de recepção para determinação do teor de água das sementes pelo método indireto por meio do medidor de umidade (GEAKA600). Dos lotes em avaliação, todos os resíduos gerados e descartados em cada etapa do processo de beneficiamento do milho em espigas, pesados e amostras do material após separação e quantificação, na identificação foram classificados observando os critérios da NBR 10.004/2004 em classes (Classe I: perigosos; Classe II - A: não-inerentes; Classe II - B: inerentes) e conforme descrito na NBR 10.007/2004 a amostragem de resíduos sólidos gerados incluiu o setor de manutenção da UBS. O teor de água em base úmida (bu) dos resíduos e das sementes determinado em estufa com ventilação de ar forçada a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009) e o resultado da umidade expresso em percentual (%bu).

Para análise e interpretação dos resultados, as informações da quantificação dos resíduos gerados durante o beneficiamento do milho em espiga, conforme a metodologia proposta por Andrade e Chiuvi (2004), no mapeamento foram organizadas para avaliação individual em cada etapa e à descrição da disposição final dos resíduos gerados comparou-se os valores médios resultantes dos processos em cada setor na UBS de milho através de análise descritiva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para disponibilizar informações qualitativas e quantitativas dos resíduos gerados durante o beneficiamento das sementes de milho na UBS em estudo, o mapeamento realizado no formato de tabela, identificando e caracterizando os resíduos gerados em cada setor e sua destinação de forma generalizada, conforme a metodologia proposta por Andrade e Chiuvi (2004), viabilizou um levantamento dos resíduos gerados, a identificação dos pontos de geração de resíduos e a observação das características de cada material residual (Quadro 1). Observou-se que a geração dos resíduos ocorre exclusivamente em período de safra, exceto àqueles provenientes do setor de expedição da UBS, na qual foram recebidos e beneficiados, diariamente, em média cinco lotes de 15 a 20 toneladas de milho em espigas nos meses janeiro/fevereiro de 2018.

Quadro 1. Mapeamento de resíduos gerados no processo de beneficiamento das sementes de milho na UBS em estudo - janeiro/ fevereiro de 2018

Resíduo	Setor/Fonte	Etapa	Quantidade	Estado físico	Composição estimada ¹
Impurezas	I	1	3 - 5 kg d ⁻¹	Sólido	Semente quebrada/danificada, manchadas, gessadas, materiais estranhos, etc.
Palha + Cabelho	II	2	12.500 kg d ⁻¹	Sólido	Água, Carboidratos, Fibras, Lignina, Lipídeo, Minerais, Nitrogênio, Proteína,
Espiga	II	3	4.500 kg d ⁻¹	Sólido	Sementes, Sabugo, Fibras, Carboidratos, Proteínas, Lipídeos, Minerais
Sabugo	II	4	18.250 kg d ⁻¹	Sólido	Fibras Al, C, Ca, Cl, K, Fe, Mg, Mn, Na, Nb, O, Si, Ti, Zr
Quirela	II; IV	4	3.850 kg d ⁻¹	Sólido	Carboidratos, Proteínas, Lipídeos, Minerais
Semente	II; IV	3; 6	6.380 kg d ⁻¹	Sólido	Carboidratos, Proteínas, Lipídeos, Minerais
Cinza	III	5	500kg d ⁻¹	Sólido	Al, C, Ca, Cl, K, Fe, Mg, Mn, Na, Nb, O, Si, Ti, Zr
Saco papel	IV	7	20kgmês ⁻¹	Sólido	Fibras, Lignina, Celulose, Hemiceluloses, Minerais, Proteínas, Ácidos graxos, Resina
Plástico	V	8	20 kg mês ⁻¹	Sólido	Polímeros sintéticos
Papelão/ <i>Pallets</i>	V	9	4 m ³ a ⁻¹	Sólido	Fibras, C, H, O, N, Celulose, Lignina
Estopa com lubrificante	VI	10	5 u d ⁻¹	Sólido	Algodão, poliéster, ácido orgânico, cetona
Lubrificante residual	VI	10	8 L mês ⁻¹	Pastoso	Óleo mineral ou sintético, agente espessante
Graxa	I a VI	10	6 L mês ⁻¹	Pastoso	Óleo mineral ou sintético, agente espessante
Bombonas	VI; VIII	10	2 u mês ⁻¹	Sólido	Polímeros sintéticos
Papel/Plástico	VII; VIII; IX	11	80 kg mês ⁻¹	Sólido	Fibras, Lignina, Celulose, Hemiceluloses, Minerais, Proteínas, Ácidos graxos, Resina, Polímeros sintéticos
Fios elétricos	X	Todas	Cx 1 m ³ a ⁻¹	Sólido	Plástico, Polímeros, Cobre
Lâmpadas	Todos	Todas	50 u mês ⁻¹	Sólido	Vapor de Hg (20 mg), Ch, Cr, Mg, Ni, Cd, Ba, Sb
Papelão	VII; VIII; IX	1 a 12	100 kg mês ⁻¹	Sólido	Fibras, Lignina, Celulose, Hemiceluloses, Minerais, Proteínas, Ácidos graxos, Resina
Papel e outros	VIII	13	50 L d ⁻¹	Sólido	Fibras, Lignina, Celulose, Hemiceluloses
Orgânico	Todos	Todas	120 kg mês ⁻¹	Sólido	Compostos orgânicos, macro/micronutrientes
Metal	Todos	10; 12	5 kg mês ⁻¹	Sólido	Alumínio
Tecnológico	Todos	Todas	1 kgmês ⁻¹	Sólido	Polímeros sintéticos, metal não ferroso (chumbo, cádmio, berílio, mercúrio), vidro, borracha, placas eletrônicas (ouro, platina, prata, paládio)

¹Fonte: Composição das sementes e dos resíduos do milho considerou dados de literatura (Carvalho e Nakagawa, 2012; Faroni, 2005; Rao *et al.*, 2014); Demais resíduos, a composição do produto foi informada pelo fabricante.

Setor: I - Recepção/pesagem; II - Beneficiamento; III - Secagem; IV - Seleção/Classificação; V - Expedição; VI - Oficina; VII - Escritório; VIII - Consumo; IX - Laboratório; X - Elétrica. **Etapa:** 1) Amostragem; 2) Despalha; 3) Seleção/classificação manual; 4) Debulha; 5) Fornalha; 6) Classificação; 7) Ensaque; 8) Tratamento; 9) Armazenagem; 10) Manutenção; 11) Registro/Contabilidade; 12) Copa; 13) Banheiros.

Pelas informações coletadas junto à UBS (Tabela 1), percebe-se a complexidade de gestão dos resíduos na unidade. O mapeamento dos resíduos gerados permitiu a classificação e para armazená-lo de forma adequada até a

destinação final, a partir da identificação, considerou-se resíduos recicláveis: papel, papelão, plástico, metal, fios elétricos e vidro, classificados como pertencentes à categoria Classe II A - não perigoso e não-inerte (NBR 10.004/2004) ou resíduo tipo D (comum) segundo a Resolução RDC nº 306 (ANVISA, 2004), quantificados na semana durante a safra e pesagem mensal na entressafra. Não houve geração de resíduo do tipo vidro no período das avaliações. Relacionado aos resíduos perigosos (Classe I), pode-se verificar que as pilhas e baterias são armazenadas em garrafas *pet*, as lâmpadas fluorescentes e material eletrônico são empacotadas em caixas de papelão, enquanto estopas com óleo lubrificante são mantidas em saco de plástico, graxas e óleo residual são colocadas em bombonas e armazenadas no depósito para posteriormente serem encaminhadas para uma prestadora de serviços que realizará a destinação final do resíduo corretamente. O resíduo gerado nos banheiros (Classe II A) e na copa (Classe II B) é armazenado em uma lixeira separada do material reciclado (Quadro 1), mantido em sacos plásticos, e é coletado três vezes por semana pelo sistema de coleta de lixo municipal.

Na execução e operação, embora haja constante atuação junto aos colaboradores objetivando a separação dos resíduos gerados na UBS de milho, a unidade carece de um programa de gestão de resíduos visando o manejo e destinação adequada dos materiais de cada etapa do processo, especialmente de um local de armazenamento de resíduos sólidos não-inertes e inertes. Devem ser considerados aspectos relativos ao isolamento, sinalização (Figura 2a), acesso à área, medidas de controle de poluição ambiental, treinamento de pessoal e segurança da instalação. Sugerindo-se a utilização de adesivos para coleta seletiva (Figura 2b) para identificação das bombonas de 50L (Figura 2c) que seriam descartados para a confecção das lixeiras externas da UBS, onde as coletoras de papel devem ser azul como, de forma ilustrativa, podemos observar na Figura 2d.



Figura 2. Gestão de resíduos sólidos na UBS: a) Placa e adesivos para sinalização do local de armazenagem de material reciclável; b) Adesivos de identificação; c) Confeção de lixeira de bombona descartável; d) Lixeiras externas de coleta seletiva.

Fonte: <https://www.google.com/search?q=imagens+placa+coleta+seletiva+de+res%C3%ADduos>

Das informações qualitativas e quantitativas dos resíduos gerados na UBS em estudo, no contexto da NBR 10.004/2004, a classificação e identificação dos resíduos sólidos apontou que uma parcela desses resíduos (Quadro

1) pode configurar potenciais problemas ambientais, incluindo coleta e/ou disposição irregular, representam perdas de matéria-prima e energia, exigindo (ZAGO; BARROS, 2019) investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição, e por consequência, passíveis de notificação e/ou ações quanto a prejuízos ao ecossistema por parte da UBS. Como ferramenta de gestão, a caracterização física e visual indicou uma grande parcela dos resíduos como potenciais à geração de renda e não deveriam ser descartados na unidade. Permitiu a verificação da viabilidade técnica e econômica de prevenir e minimizar a geração de cada resíduo durante o processo (ANDRADE; CHIUVITE, 2004). Referente à etapa do beneficiamento constatou-se que a UBS não realiza medições dos volumes de resíduos sólidos gerados e que reaproveita apenas uma parte do sabugo dentro do processo de produção de sementes. Acompanhando o processo de fluxo contínuo, da recepção à armazenagem, constatou-se a eliminação de impurezas, espigas de características indesejáveis, sementes de outras espécies ou cultivares e aquelas segregadas da própria variedade/genótipo.

As etapas no beneficiamento de milho contemplam as fases de recebimento, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação, tratamento, embalagem (ensaque), armazenagem e distribuição das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Na etapa de recepção/amostragem, as impurezas (material estranho, sementes avariadas/danificadas/contaminadas) identificadas com resíduos resultantes da análise de pureza e sanidade que junto à umidade da semente são parâmetros analisados no laboratório em todas as etapas do processo. Semelhante a estes, a cinza gerada na secagem e a poeira coletada nas etapas do beneficiamento se enquadram nos resíduos classe IIB - inertes (NBR 10.004/2004) e como medidas de prevenção de incêndio exigem a implantação de mais extintores em pontos estratégicos.

O setor de despalha das espigas visa à eliminação da palha e cabelo de milho, durante essa operação constatou-se um considerável descarte de sementes no equipamento “sacapalha” (Quadro 1), que em função das características físicas e nos critérios da norma NBR 10.004/2004, embora descartadas do processo as sementes não se enquadram na categoria resíduos. De forma semelhante, devido à segregação do genótipo, as espigas sem padrão na produção de sementes extraídas manualmente no setor de seleção/classificação do processo são eliminadas como resíduo unicamente em função das sementes evidenciarem alterações na coloração do pericarpo. Após operações de despalhadas e classificação as espigas foram transferidas para o secador e no término da secagem seguiram para o setor da debulha, sendo as espigas debulhadas eliminando o sabugo (Quadro 1), enquanto as sementes passavam pela limpeza, retirando impurezas e materiais estranhos (Figura 1), se necessário retornando ao secador, antes da classificação, para uniformizar o teor de água da semente, impedindo assim a proliferação de fungos no armazenamento.

Visando estratégias de manuseio, acondicionamento, armazenagem e suprir gargalos de coleta, classificação e destinação final do resíduo (NBR 10.004/2004), dos lotes de milho em espigas recebidos na UBS, os resíduos gerados na etapa de pré-limpeza, despalha e seleção, juntamente às espigas desclassificadas antes da secagem, independente da origem, o material eliminado do processo, acondicionado em embalagens *big-bag* (1.000 kg), passa pelo setor de pesagem e armazenado em galpão próximo da unidade de beneficiamento. Esses materiais são classificados como resíduo Classe II B - não perigoso e inerte (NBR 10.004/2004).

Pela análise das informações de sete lotes escolhidos de forma aleatória beneficiados no período janeiro/fevereiro de 2018, constatou-se que o material eliminado na produção das sementes de milho representa em média 31,97% do produto (kg), registrando no processo uma variação entre 30% e 35% nos lotes avaliados (Tabela 1). As diferenças da quantidade de resíduos gerados entre os lotes estão associadas, principalmente, ao teor de água das espigas de milho na colheita.

Tabela 1. Identificação da matéria-prima do lote de milho em espiga na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS)

Produto	Origem	Peso	Percentual
		----- (kg) -----	----- (%) -----
Espigas com palha	Colheita	15.520 ± 300	100
Palha + cabelo	Despalha das espigas	2.720 ± 50	17,53
Espigas rejeitadas	Mesa de seleção	780 ± 80	5,03
Palha/Cabelo/Sementes/Quirela	Sacapalha	1.460 ± 300	9,41
Descarte	Palha + espiga rejeitada + resíduo	4.960	31,96
Espiga padrão	Pré-seleção	10.560	68,04

No processo de despalha e seleção das espigas, o acúmulo de palha junto à fita transportadora e mesa de seleção manual, associado aos resíduos e perda de sementes junto ao sacapalhas, são as principais falhas apontadas na etapa de beneficiamento. Também foi o setor que gerou maior índice de resíduos na UBS (Tabela 1), justificado pela colheita do milho em espiga, que embora mecanizada, mantém espigas intactas, sendo a remoção da palha da espiga e a eliminação das impurezas realizada na etapa de beneficiamento das sementes na UBS.

Das espigas desclassificadas no setor de pré-seleção e retiradas do processo de produção, em média, a exclusão de 67,85% das espigas deve-se à segregação do genótipo, constatada pela alteração na coloração padrão das sementes (Tabela 2), 14,03% a presença de fungos e 18% das espigas eliminadas têm potencial e padrão de qualidade à produção de sementes, cujo retorno ao processo diminuiria o volume dos resíduos gerados no beneficiamento das sementes de milho.

Tabela 2. Percentual médio dos resíduos gerados em cada etapa/setor do beneficiamento de milho em espigas do processo de produção de sementes na UBS - janeiro/fevereiro de 2018

Origem	Classificação	Quantidade (%)
Mesa de seleção	Espigas padrão semente	18,12
	Espigas sem padrão semente	67,85
	Espigas em deterioração ¹	14,03
Despalhadeira	Cabelo	2,14
	Palha	13,71
	Sementes a granel	57,65
	Sementes com dano mecânico	26,50
Setor despalha e pré-seleção	Cabelo	0,96
	Palha	1,12
	Sementes a granel	82,04
	Sementes com dano mecânico	16,57
Debulha e classificação	Sementes desclassificadas	26,91
	Sabugo	36,29
	Quirela	36,80

¹ Espigas com presença de fungos e elevada umidade, cuja utilização como sementes é inviável.

Pelas informações (Tabela 2), no beneficiamento do lote, o maior índice de resíduos gerados das espigas de milho aptas à produção de sementes na UBS, refere-se à quirela na despalhadeira de 26,50% e de 16,57% no setor despalha e pré-seleção. Considerando a influência do teor de água da espiga de milho no volume de resíduos e no desempenho da máquina, após secagem parcial das espigas com umidade de $22,6 \pm 2\%$ até 16% (bu) em secador, a debulha gerou como resíduos a quirela e o sabugo, separados de forma automatizada durante o processo, conduzindo quirela a embalagens tipo *big-bag* de capacidade de 1.000 kg e o sabugo para carreta agrícola de capacidade para 2.500 kg. As embalagens com a quirela são pesadas e direcionadas ao setor reservado à armazenagem dos resíduos gerados na UBS, enquanto o sabugo em função do potencial na produção de energia, da pesagem segue para um depósito, próximo ao secador, servindo de combustível da fornalha, produz calor à secagem do milho em espigas.

Diante das características dos lotes, a produção de sementes deve considerar as diferenças inerentes à genética de cada genótipo quanto à exigência da organização e disposição de todas as etapas do processo de beneficiamento, ou seja, dependendo da espécie pode-se apresentar um fluxograma com características diferenciadas, estabelecido pela condição desejada de um produto com qualidade. Nesse contexto, a colheita mecanizada para evitar danos mecânicos ao potencial qualitativo das sementes exige maiores índices de umidade e, por consequência, espigas mantidas intactas na colheita apresentam um alto teor de água no recebimento do lote de milho que direciona procedimentos e operações no sistema de produção. O conteúdo de água ($32\% \pm 5\%$ bs) presente nas espigas de milho e sementes tem efeito sobre o desempenho dos equipamentos e na geração de resíduos nas etapas pré-limpeza e despalha no beneficiamento do milho em espigas. Nas espigas de milho amostradas na recepção as sementes apresentavam em média um teor de água de $23 \pm 1\%$ bu (base úmida), cuja variação de umidade entre lotes de 3% pode ser relacionada aos pontos de coleta na descarga do caminhão e/ou ao ponto de colheita das espigas (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de água das sementes, base úmida (%bu) e base seca (%bs) dos lotes de milho em espiga na recepção da UBS

Lote	Teor de água (%bu)	Teor de água (%bs)	Desvio padrão
1	23,62	30,92	$\pm 2,38$
2	22,06	28,30	$\pm 2,84$
3	24,30	32,10	$\pm 1,52$
4	23,67	31,01	$\pm 2,12$
5	21,90	28,04	$\pm 2,72$
6	23,23	30,26	$\pm 2,63$
7	24,82	33,01	$\pm 2,18$
Média	23,51	30,76	2,34
Desvio médio	0,59	1,00	0,34
Desvio padrão	0,84	1,44	0,35

Dos resíduos gerados no beneficiamento de sementes, nota-se pelas relações palha/espiga e sabugo/semente que a palha representa entre 13% e $19\% \pm 0,5\%$, enquanto o sabugo entre 25% e 29% (Tabela 3), para um índice de espiga de 71% a 76%, cuja variação palha/espiga pode ser devido ao ponto de maturação do milho e ao teor de água das sementes de cada lote de milho na colheita. Por sua vez, a variação sabugo/sementes pode estar associada às condições edafoclimáticas e/ou proximidades entre campo de produção de sementes e lavouras destinadas à produção de grãos, devido ao milho ser uma planta alógama, a polinização cruzada através do vento, que pode levar um grão de pólen a distâncias superiores a 500 m, e ter influência sobre as características físicas das sementes (MARCOS FILHO,

2015). O teor de água das espigas de milho, e por consequência do sabugo, tem influência na geração do volume de resíduos de sementes no beneficiamento e de cinzas da fornalha.

Tabela 4. Peso médio da espiga com e sem palha, das sementes por espiga, valores médios de índice de espiga, da relação palha/espiga e sabugo/semente

Lote	Espiga com palha	Espiga sem palha	Sementes	Índice de espiga	Palha/espiga	Sabugo/semente
	------(g)-----			---- (%) ----	-	-
1	381	332	236	71,08	14,759	28,916
2	294	245	178	72,65	16,667	27,347
3	411	351	263	74,93	14,599	25,071
4	398	341	244	71,55	14,322	28,446
5	291	236	179	75,85	18,900	24,153
6	316	264	189	71,59	16,456	28,409
7	286	248	182	73,39	13,287	26,613

Da separação/classificação as sementes recém-debulhadas seguem à secagem permanecendo no silo-secador até atingirem o teor de água ($11,5 \pm 0,5\%$ bu), retornando para uma nova classificação por densidade (mesa gravimétrica) e por comprimento/largura de peneiras (torre). No término do processo de classificação, as sementes acondicionadas em embalagens e identificadas por lote permanecem em armazém convencional (ambiente não controlado) até as vésperas de sua expedição e comercialização.

No processo de triagem das espigas (despalha e pré-seleção) foi possível verificar que a instalação de uma mesa gravimétrica auxiliar na separação prévia junto ao sacapalha, minimizando a geração de resíduos, em função da separação das sementes do produto descartado, visto que ao passar pela despaldadeira, ocorre a retirada mecânica da palha das espigas e na operação de despalha, também, são debulhadas sementes.

Para procurar meios de minimização do resíduo gerado no processo de triagem das espigas, uma simulação de despalha e seleção manual das espigas semelhante ao processo mecânico resultou na recomendação de mesa gravimétrica instalada junto ao sacapalha, para extração das sementes de impurezas descartadas como resíduos gerados no processo de despalha. Pela eliminação da palha e debulha manual das espigas a perda de sementes foi reduzida em 92% comparado ao índice via operação mecânica. No entanto, a operação torna-se economicamente inviável ao sistema de produção da UBS. Cabe destacar que o reaproveitamento de resíduos sólidos é importante pelo fato de gerar recursos financeiros para a UBS aumentando o seu faturamento, tendo diversas vezes um investimento baixo ou nenhum investimento. Por exemplo, a relação entre a biomassa produzida e a quantidade reaproveitada tem implicações diretas sobre o custo de seu uso energético (NONES *et al.*, 2017).

No sentido de minimizar os impactos ambientais causados pelas atividades de beneficiamento, a palha, cabelo, quirela e sabugo gerados na despaldadeira junto às espigas e sementes descartadas na etapa de limpeza e pré-seleção e à retirada de impurezas na classificação das sementes na UBS gera resíduos orgânicos. Uma destinação adequada da quirela, subproduto do beneficiamento de sementes, é o seu aproveitamento na bovinocultura, utilizando-a como ingrediente no preparo da dieta alimentar para o gado. Esse procedimento, ao designar a quirela como subproduto a outra utilidade, evita custos com transporte, acondicionamento e descarte dentro do próprio espaço de produção, reduz o impacto ao entorno do ambiente local.

O sabugo proveniente da debulha do milho, ao ser utilizado como combustível na fornalha, produz cinzas e fornece calor ao fluxo de ar do secador para reduzir o seu teor de água da semente. Deve ser observado que o teor

de água do sabugo tem influência nas cinzas produzidas na fornalha, que em alta concentração interfere no Poder Calorífico Inferior (PCI), o qual decresce com o aumento da umidade da biomassa (CALEGARI *et al.*, 2005).

Da mesma forma a condutividade elétrica depende do teor de água do sabugo (CALEGARI *et al.*, 2005), cujo valor médio na colheita das espigas de $24 \pm 2,5\%$ em base seca (% bs) após pré-secagem na debulha das sementes foi de $16 \pm 0,5\%$. A umidade do sabugo utilizado na geração de calor está dentro da faixa (15-30% bu) da biomassa agrícola (NOGUEIRA; RENDEIRO, 2008) e inferior ao índice de 17,1% (bu) reportado por Lima (2004). A concentração de cinza influencia o PCI e perda de energia, na alimentação o sabugo com umidade de 17% (bu), o registro de 1,1% de cinzas na fornalha não prejudica a transferência de calor no processo de secagem (DEMIRBAS, 2004).

Para a correção do teor de água das espigas de milho, a fornalha do secador na secagem das sementes em espigas a UBS consome apenas 40% do sabugo, como fonte de energia à geração de calor, o volume restante (60%) é descartado, que é um problema de impacto ambiental na unidade, pode ser absorvido à produção de substrato vegetal. Conforme Bento *et al.* (2013), compostos orgânicos de resíduos vegetais possibilitam aumentos na produtividade de muitas culturas agrícolas, atribuída à melhoria das características físico-químicas do solo e sua harmonia com a água e ambiente (COPETTI *et al.*, 2016; ECKHARDT *et al.*, 2016; PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Os principais resíduos são a quirela originária do beneficiamento das sementes e as cinzas produzidas na fornalha com a queima do sabugo durante a secagem das sementes de milho. Dos descartes na UBS, como subproduto, somente espigas sem padrão à produção de sementes são comercializadas junto aos pecuaristas da região (R\$ 100,00 t⁻¹).

Pela logística, a unidade ao apresentar um plano que prevê a utilização das cinzas como ingrediente à compostagem e/ou construção civil, e a comercialização da quirela à alimentação animal com valor agregado, que aliado a um aumento de 30% no preço de venda das espigas de milho sem padrão semente, cujo valor monetário resultante, no âmbito ambiental, aplicado a melhorias na infraestrutura e ao entorno da UBS pode suprir gargalos na geração de impactos ambientais.

Neste cenário, a UBS utilizando estratégias sustentáveis (classificação de resíduos sólidos - NBR 10004/2004, aliado ao sistema de gestão ambiental - NBR ISO 14001/2004) à obtenção de sementes com alta qualidade, o processo de produção exige a adoção de boas práticas em todas as etapas como forma de diferenciação e agregação de valor ao produto.

Referente a passivos ambientais a legislação (Lei nº 12.305/2010), que exige a gestão adequada dos resíduos (BRASIL 2010), tem inserido alternativas para a utilização deste tipo de descarte, como por exemplo, a transformação em energia, devendo-se para o fim proposto analisar concorrência de uso na região (NONES *et al.*, 2017). A logística de transformação e/ou utilização dos resíduos deve considerar informações referentes à rede armazenadora na região (PUZZI; ANDRADE, 2000) e à origem da biomassa (CARVALHO *et al.*, 2013).

Dos resíduos gerados na unidade de beneficiamento de milho, os resíduos sabugo e palha como subproduto do milho possuem maior potencial em termos de quantidade e localização para produção de compactados para a geração de energia. Como subproduto, tem potencial em aplicações na construção civil (MARTINS FILHO; MARTINS, 2017).

Na identificação dos pontos críticos implicadores em danos mecânicos às sementes e/ou na geração de resíduos, as operações pelo uso incorreto dos equipamentos constituem perdas vinculadas a praticamente todas as etapas do beneficiamento. Suas consequências podem ser diretas, pela descaracterização da qualidade das sementes (dano mecânico, cinzas, odores e perda de massa por excesso de secagem) e consequente diminuição do valor comercial agregado, ou indireto, pelo incômodo técnico e econômico vinculado à movimentação, estocagem e tratamento dos fragmentos.

As sementes junto à palha na saída da despalhadeira devem-se à deficiência operacional do sistema, enquanto as sementes com fissuras evidenciam problemas de movimentação ou classificação e caracterizam suscetibilidade à quebra futura do produto. Esses problemas podem ser minimizados com trocas periódicas dos rolos da despalhadeira, bem como a regulação prévia à utilização. Das práticas operacionais às sementes não comercializadas, em nível armazém, têm-se no resfriamento da massa armazenada uma potencial estratégia à conservação do estoque de sementes, buscando com isso garantir a qualidade tradicional no abastecimento anual desse recurso.

A reutilização de resíduos na agricultura pode ser associada aos processos de classificação, controle, produção, armazenamento, recolha, transferência/transporte, processamento, tratamento e destino final dos resíduos sólidos, de acordo com os melhores princípios de preservação da saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos, estética e outros princípios ambientais.

Da aplicação desses resíduos a um programa de gestão tem papel fundamental para o sucesso da atividade no sistema de produção da unidade sementeira. Como subproduto sua reutilização no solo agrícola mostra-se como a opção mais interessante, tanto sob o ponto de vista ambiental como econômico. A destinação dos resíduos vegetais gerados na UBS à produção substratos, sem acarretar em contaminações, deve ser precedida de análises sanitárias, de impacto ambiental e econômico.

Na logística das decisões é essencial a determinação de propriedades físicas e energéticas (teor de água e poder calorífico) à definição da viabilidade técnica e econômica da destinação energética do resíduo. Cabe destacar que os resíduos sólidos provenientes da manutenção de equipamentos, materiais de consumo, processos secundários e os gerados pelos colaboradores contabilizados no presente estudo, embora se apresentem como um dos maiores problemas na gestão ambiental, não são considerados no processo de produção conforme reportado pela gerência da UBS.

Considerando os fatores tecnológicos, desenvolvimento de pessoal, gerenciamento, produção e produtividade, logística de distribuição e os quesitos socioambientais, como critérios à melhoria do desempenho organizacional, um programa de gestão de resíduos inserido ao sistema de gestão na UBS incentiva a identificação e destinação adequada dos resíduos sem eliminar as sementes de alta qualidade.

Da implantação do programa à segregação dos resíduos sólidos gerados na unidade, vislumbra melhoria na gestão dos processos, minimizar desperdícios e trabalho, passíveis de motivação e satisfação dos colaboradores, refletindo na redução dos custos e acidentes ou incidentes na UBS.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relacionado à quantidade e tipos de resíduos, nota-se que predomina a geração de resíduos sólidos não perigosos e não-inertes pertencentes à Classe II, em maioria recicláveis e potenciais de redução dos custos de produção.

Há necessidade de consentização referente à coleta seletiva, principalmente em relação aos resíduos perigosos (Classe I) e de treinamento que incentive os colaboradores para uma gestão integrada de resíduos sólidos.

Nos âmbitos técnicos e ambientais, a reutilização de resíduos gerados na UBS como subprodutos da produção de sementes se apresenta com grande capacidade de solucionar parte dos problemas ambientais causados pelo processo, como fonte de energia, alimentação animal e substrato vegetal gerar renda e reduzir custos.

O mapeamento dos resíduos gerados na produção de sementes na UBS permitiu apontar gargalos e soluções considerando parâmetros econômicos e ambientais para um programa de gestão ambiental eficiente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC**, nº 306, de 07 de dezembro de 2004.
- ANDRADE, R. V.; AUZZA, S. A. Z.; ANDREOLI, C.; NETTO, D. A. M.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 576-582, maio/jun. 2001.
- ANDRADE, T. C. S.; CHIUVITE, T. B. S. **Meio Ambiente**: um bom negócio para a indústria - práticas de gestão ambiental. São Paulo: Tocalino, 2004. 161p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004:2004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. p. 71.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistema de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BENTO, A. L.; TORRES, F. L.; LEMES, R. R.; MAGALHÃES, T. A. **Sistema de Gestão Ambiental para Resíduos Sólidos Orgânicos**. UNIFAL, 2013.
- BRASIL. Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, p. 3-7, 3 ago. 2010. PL 203/1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes. **Diário Oficial da União**, nº 181, 18 set. 2013. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa MAPA nº 60 de 22 de dezembro de 2011. **Aprova o Regulamento Técnico do Milho**.
- CALEGARI, L.; FOELKEL, C. E. B.; HASELEIN, C. R.; ANDRADE, J. L. S.; SILVEIRA, P.; SANTINI, E. J. Características de algumas biomassas usadas na geração de energia no Sul do Brasil. **Biomassa e Energia**, v. 2, n. 1, p. 37-46, 2005.
- CARVALHO, A. M. M. L.; PEREIRA, B. L. C.; SOUZA, M. M. Produção de *pellet's* de madeira. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J. *et al.* (Ed.). **Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar & espécies florestais**. Viçosa, 2013. cap. 14, p. 379-400.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos - Safra 2018/19 - Décimo levantamento**, Brasília, v. 6, p. 1-50, julho 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 12 dez. 2019.
- COPETTI, A. C. C.; SANTOS, D. R.; PELLEGRINI, J. B. R.; CAPOANE, V.; SCHAEFER, G. L. Caracterização de agroindústrias e seus resíduos da região da Quarta Colônia de Imigração Italiana no RS. In: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. UFRGS, Porto Alegre, 2016, 186p. Cap. 7, p. 87-99.
- DEMIRBAS, A. Combustion characteristics of different biomass fuels. **Progress in energy and combustion science**. Turquia: Elsevier, v. 30, p. 219-230, 2004.

- ECKHARDT, D. P.; ANTONIOLLI, Z. I.; SCHIEDECK, G.; SANTANA, N. A.; REDIN, M.; DOMINGUEZ, J.; JACQUES, R. J. S. Vermicompostagem como alternativa para o tratamento de resíduos nas propriedades rurais do sul do Brasil. *In: TIECHER, T. (Org.). Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água.* UFRGS, Porto Alegre, 2016. 186p. Cap. 8, p. 100-117, 2016.
- FARONI, L. R. A. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 03, p. 193-201, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGEA, P. (Coord.). São Paulo: IAL, 2008. 1020p.
- KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; MODOLO, A. J. M.; DALLACORT, R. Análises técnica e funcional de um sistema de beneficiamento de cereais operando com milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Minas Gerais, v. 11, n. 2, p. 202-208, 2012.
- LIMA, G. B. G. **Utilização de biomassa na secagem de produtos agrícolas via gaseificação com combustão adjacente dos gases produzidos.** 2004. Monografia (Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- MARTINS FILHO, S. T.; MARTINS, C. H. Utilização da cinza leve e pesada do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo mineral na produção de blocos de concreto para pavimentação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 10, n. 4, p. 1205-1225, 2017. Doi: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n4p1205-1224>.
- MENEZES, N. L.; LERSCH-JUNIOR, I.; STORCK, L. Qualidade física e fisiológica das sementes de milho após beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 97-102, 2002.
- NERLING, D.; COELHO, C. M. M.; MAZURKIÉVICZ, J.; NODARI, R. O. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 238-246, 2014.
- NOGUEIRA, M. F. M.; RENDEIRO, G. Caracterização Energética da Biomassa Vegetal. *In: BARRETO, E. J. F. (coord.). Combustão e Gaseificação da Biomassa Sólida: soluções energéticas para a Amazônia.* Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. p. 52-63.
- NONES, D. L.; BRAND, M. A.; AMPESSAN, C. G. M.; FRIEDERICHS, G. Biomassa residual agrícola e florestal na produção de compactados para geração de energia. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 2, p. 155-164, 2017.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>.
- PUZZI, D.; ANDRADE, A. N. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666p.
- RAO, D.; BALACHANDAR, D.; THAKURIA, D. Soil biotechnology and sustainable agricultural intensification. **Indian Journal of Fertiliser**, v. 11, p. 87-105, 2015.
- UTINO, S.; FRANCO, D. F.; COSTA, S. V.; MAGALHÃES, A. M.; PETERS, V. J.; SILVA, M. G. **Produção de sementes.** AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000foh66zuv02wyiv8065610dh_n0auj1.html. Acesso em: 03 dez. 2019.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 219-228, 2019.