TEORES DE IMPUREZAS VEGETAIS E A CONCENTRAÇÃO DO AMIDO NO CALDO DE CANA.

PLANT IMPURITIES LEVELS AND CONCENTRATION OF STARCH IN THE SUGARCANE JUICE

Adriano Zerbinatti Gimenez[1]

Rodrigo Vezzani Franzé[2]

Leonardo Lucas Madaleno[3]

Resumo

Com o avanço da mecanização da colheita de cana crua tem se observado incremento nos teores de impurezas vegetais junto aos colmos de cana entregues às usinas. As impurezas vegetais, constituídas de ponteiros e folhas verdes são ricas em amido, que interferem na qualidade da produção de sacarose e etanol. O objetivo do trabalho foi correlacionar o aumento da quantidade de impurezas vegetais com o aumento no teor de amido no caldo, pelo avanço da mecanização da colheita. Este estudo foi realizado na usina Santa Fé, região de Araraquara-SP durante as safras de 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 e o avanço da mecanização da colheita nestas safras foi respectivamente de 82,7%, 94,8%, 98,8% e 99,8%. A amostragem da cana foi realizada em caminhões sorteados através de sonda oblíqua, sendo separado 1Kg da amostra para a determinação de impurezas vegetais. Parte da cana coletada (10Kg) foi triturada, homogeneizada e separada 500g para prensagem e extração do caldo para análises convencionais e 20 ml desta amostra foram reunidas durante 24 h (caldo total) para determinação do teor de amido. Foram elaborados gráficos para comparação do incremento da mecanização com o teor de impureza vegetal e amido encontrado na literatura. Foi realizada análise estatística, utilizando-se delineamento experimental em blocos casualizados dos dias coincidentes de colheita, e se aplicou ANOVA e Teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e análise de correlação entre impurezas e amido. O aumento da mecanização da colheita de cana crua aumentou a quantidade de impurezas vegetais adicionadas na matéria-prima. No entanto, a quantidade de amido não está relacionada somente com a quantidade de impurezas vegetais. Outros fatores são importantes como a precipitação, que impede que na colheita ocorra remoção de folhas verdes, que são trazidas para indústria e aumentam o amido no caldo.

[1] Tecnólogo em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal e colaborador da Usina Santa Fé, Nova Europa - SP. Endereço eletrônico: adrianozgimenez@hotmail.com

[2] Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), colaborador da Usina Santa Fé, Nova Europa-SP. Endereço eletrônico: rodrigovfranze@yahoo.com.br

[3] Doutor em Agronomia (Produção Vegetal), docente da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. Endereço eletrônico: leonardomadaleno@fatecjaboticabal.edu.br

Palavras-chave: Colheita mecanizada. Cana crua. Cana-de-Açúcar. Carboidrato. Qualidade da cana-de-açúcar.

Abstract

With the advancement of green cane harvesting mechanization has been observed increase in plant impurities levels near the cane stalks delivered to industrial Sugar Mill. Plant impurities, consisting of tops and green leaves are rich in starch, which interfere with the quality of the production of sucrose and ethanol. The aim of this case study was to observe the increased plant impurities amount with increasing starch amount in the sugar cane juice with advanced mechanized harvesting. This study was carried out in an industrial unit located in the region of Araraquara-SP during seasons 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/1014 and the advancement of harvesting was 82,7%, 94,8%, 98,8% and 99,8% respectively. The sampling was performed in separated trucks, being 1kg of the sample used for the determination of plant impurities. Part of collected sugarcane (10Kg) was crushed, homogenized and separated 500g for pressing and juice extraction for conventional analyses (Brix, Pol e PBU) and 20 ml of this sample were collected over 24 h (total juice) for the determination of starch content. Graphics were prepared to compare mechanization increased with vegetable impurities and starch found in scientific literature. Statistical analyses were made, using experimental design in randomized blocks by matching harvest days, and ANOVA, Tukey Test (P≤0,05) and impurities and starch correlation were made. Harvest mechanization of green sugarcane increased the amount of plant impurities added to the raw material. However, the starch content is not only related with vegetable impurities amount. Others factors could be important as rain, that prevent green leaves are removing during harvest, and are brought to sugar mill and increased starch on sugar juice.
Keywords: *Mechanical harvesting. Green cane. Sugarcane. Carbohydrate. Sugarcane quality.*

1 Introdução

No Brasil a colheita da cana-de-açúcar foi realizada predominantemente até o final da década de 1990, com o uso do fogo e de forma manual com uso de podões para corte dos colmos. A queima prévia elimina a matéria estranha (folhas, palha e palmito) e facilita o corte manual, aumentando o rendimento da colheita. Devido a legislações e protocolos ambientais, questões agronômicas e energéticas envolvidas, gradualmente o setor veio reduzindo a queima prévia a favor da colheita de cana crua de forma mecanizada (BELARDO et al., 2015).

A colheita mecanizada em áreas sem queima prévia resultou em aumento de 15% das impurezas vegetais (palha, palmitos e folha verde) e minerais adicionados ao processamento industrial. Essas impurezas contribuíram inclusive para o aumento no teor de amido encontrado no caldo (BENEDINI et al., 2008). A concentração desse polissacarídeo de reserva na planta pode variar de acordo com o estádio de crescimento da cultura e com a cultivar utilizada.

Nas plantas superiores, um dos principais produtos resultantes da fotossíntese é o amido, considerado como carboidrato de reserva. Por outro lado, na cana-de-açúcar a sacarose é a forma de reserva, sendo translocada para as células do colmo, para ser utilizada no crescimento e desenvolvimento do vegetal. O período de restrição hídrica e de temperaturas amenas (condições para a maturação) é o momento de máximo acúmulo de sacarose nos colmos. No entanto, a cana-de-açúcar também produz amido (THAI, 2013). Esse carboidrato se concentra principalmente nas folhas verdes (STUPIELLO, 2000).

A composição do amido na cana-de-açúcar é aproximadamente 20% de amilose e 8% de amilopectina (GODOY, 2004). Amorim & Oliveira (1982) afirmam que a presença de polissacarídeos no caldo de cana é responsável pela redução na recuperação do açúcar na fábrica, promovendo aumento da viscosidade dos méis e queda no rendimento também da fermentação etanólica (RAVANELI, 2005).

Para reduzir a concentração de amido no processamento industrial é recomendada a utilização de enzimas α-amilase, em dosagem de 30g a 60g por tonelada de açúcar (COPERSUCAR, 2000). Concentrações encontradas no caldo acima de 400 mg L^{-1} podem resultar na produção de açúcar com teor de amido superior a 150 mg L^{-1} (FIGUEIRA, 2009), o que deixa o uso bem restrito nas indústrias subsequentes, como as de refrigerantes, sucos, balas e outros. Nas refinarias dos EUA, por exemplo, há penalidade para açúcares que apresentam elevadas concentrações do carboidrato (EGGLESTON et al., 2010).

Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi verificar numa unidade industrial a influência do avanço da mecanização da cana crua, ao longo de quatro safras, na quantidade de impurezas vegetais adicionadas ao processo. Em seguida, correlacionar a adição dessas impurezas com a concentração de amido encontrada no caldo de cana.

2 Material e Métodos

Esse estudo de caso foi realizado na Usina Santa Fé, localizada na região de Araraquara-SP, durante as safras 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014. Em cada ano-safra houve aumento da mecanização da colheita da cana-de-açúcar sem queima prévia, que foi respectivamente de 82,7; 94,8; 98,8 e 99,8% de cana crua. As datas de início e final das safras ocorreram de acordo com a Tabela 1.

Foi realizada amostragem por sonda oblíqua de caminhões sorteados que chegavam à usina. Dos 10 kg amostrados foi retirado 1 kg para verificação da quantidade de impurezas vegetais que acompanhavam a carga. As impurezas foram separadas para mensurar a massa da matéria fresca e, em seguida, o resultado convertido em %. A análise de impureza foi realizada 3 vezes ao dia de cada frente de colheita da usina. Ao final do dia se tinha a média das impurezas vegetais. Para o presente estudo foi calculada a média de cada 15 dias na safra.

Tabela 1. Período de safra na unidade industrial da região de Araraquara-SP

2010/2011	**2011/2012**	**2012/2013**	**2013/2014**
01/05 a 15/11	27/04 a 19/11	08/05 a 22/12	08/04 a 26/11

A cana coletada pela sonda foi triturada e homogeneizada. Uma amostra de 500g foi retirada e levada para extração por prensa hidráulica para análises convencionais (não demonstradas nesse estudo) sólidos solúveis (Brix), Pol e PBU (peso do bolo úmido, usado para cálculo da % de fibra), CONSECANA (2008). Para a análise de amido, subamostras de 20 mL foram reunidas das amostras para as análises convencionais ao longo de 24h, formando o caldo total. O amido foi determinado conforme CTC (2011) e, ao final de cada 15 dias na safra, foi calculada a média para esse parâmetro.

Foram construídos gráficos de barra agrupando os dados médios de cada quinzena da safra para melhor visualização do comportamento da colheita de cana crua com a quantidade de impurezas vegetais e amido. Os dados foram comparados com o que se conhece na literatura com relação ao nível de impurezas vegetais e amido, recomendados como o máximo a ser encontrado.

Os dados coincidentes dos anos safras (01/05 a 30/09) foram agrupados para realização da análise estatística em blocos casualizados, com 10 repetições (tabela 2), sendo que os blocos são a média de cada quinzena da safra do período avaliado. Foi feito análise de variância dos dados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ainda, foi feita a correlação entre os dados de impurezas vegetais do período com a quantidade de amido encontrado, de acordo com BARBOSA e MALDONADO JÚNIOR (2015).

3 Resultados e Discussão

A escolha do período, para avaliação das impurezas e teor de amido, foi de 01/05 a 30/09. Eram os dados coincidentes dos anos safra e também por se apresentarem com menor influência das precipitações, que reconhecidamente interferem nos resultados dos dois fatores estudados. No entanto, além dos dados usados para a análise estatística, buscou-se também observar por gráficos os dados de toda a safra, o objetivo foi verificar também o que acontece fora do intervalo que foi escolhido para ser estudado.

Na tabela 3, se verificou a diferença significativa para os níveis de impurezas vegetais e amido encontrado no período de 01/05 a 30/09 de todos os anos safra. Para os blocos se verificou que houve diferença significativa a 5% de probabilidade somente para amido, o que indica que a quantidade desse carboidrato foi diferente comparando as quinzenas estudadas. No entanto, para impurezas vegetais não houve diferença significativa.

Tabela 2. Esquema de como foi montado os blocos para avaliação do incremento de mecanização no período 01/05 a 30/09 nas safras 2010/2011 a 2013/2014. A mesma cor na tabela indica o bloco.

Blocos	**Porcentagem de mecanização (ano safra)**			
	82,7% (10/11)	94,8% (11/12)	82,7% (12/13)	82,7% (13/14)
01/05 a 15/05				
16/05 a 31/05				
01/06 a 15/06				
16/06 a 30/06				
01/07 a 15/07				
16/07 a 31/07				
01/08 a 15/08				
16/08 a 30/08				
01/09 a 15/09				
16/09 a 30/09				

Os blocos ajudam a identificar se outro fator e não a mecanização da colheita interferiu nos resultados. Para o amido, as variedades que foram colhidas nas safras podem não ter sido as

mesmas na quinzena estudada. Outro fator a ser observado é que as precipitações podem atrasar a colheita de uma determinada área, alterando a ordem de procedimento.

Tabela 3. Análise de variância para concentrações de amido e impurezas vegetais em função do incremento da mecanização nas safras 2010/2011 a 2013/2014, na Usina Santa Fé, Nova Europa –SP.

Causa de variação	**Amido (mg L^{-1})**	**Impurezas Vegetais (%)**
Mecanização (F)	13,0730**	34,5147**
Blocos (F)	2,4119*	1,1851ns
CV	17,29	14,00

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo; CV: coeficiente de variação (%).

Ademais o tipo de impureza adicionada (mais folhas, mais palmito ou mais palha) também pode ter influenciado esse resultado. A folha é responsável pela fotossíntese e no momento da colheita pode ficar aderida aos colmos e não ser retirada. Essa parte vegetativa é rica na concentração de amido e ácidos orgânicos que estão presentes nas células e podem reduzir a qualidade do caldo (BOVI e SERRA, 2001). O aumento de cada tipo de impureza pode ser significativo em dias de elevada precipitação. No ciclo operacional da cana-de-açúcar, de acordo com Magalhães e Braunbeck. (2010), a colheita pode ser considerada como uma das mais importantes, pois a qualidade do produto a ser entregue para a indústria (colmos de cana) depende desta etapa.

Na Figura 1 se observa que a concentração de amido foi maior somente na safra 2012/2013, que a usina incrementou a mecanização para 98,8%. No entanto, na safra 2013/2014, em que a mecanização foi maior, a quantidade do carboidrato apareceu menor. Esse fato pode ser associado a maior precipitação na safra 2012/2013 (Figura 2). As duas figuras 1 A e 2 A são semelhantes.

De fato, houve maior quantidade de precipitações nos meses de junho e setembro na safra 2012/2013 (Figura 2 B). O teor de amido mais elevado pode estar relacionado ao tipo de impureza que é trazida para a usina. Visto que em dias de chuva fica mais difícil separar as folhas verdes que vêm para a fábrica em maior quantidade.

A concentração de amido no caldo pode ser influenciada não somente pela quantidade de impurezas que são adicionadas, pois dependem também das cultivares, da época do ano de

colheita, quantidade de folhas e ponteiros adicionados processados, fotoperíodo, doenças, maturação da cana, condições de processamento e do manejo da limpeza da cana nas colhedoras pelos extratores primários e secundários (EGGLESTON et al., 2010).

Figura 1. Teste de Tukey (P≤0,05) para: **A.** concentração de amido e **B.** Impurezas vegetais em função do incremento da mecanização nas safras 2010/2011 a 2013/2014, na Usina Santa Fé, Nova Europa-SP.

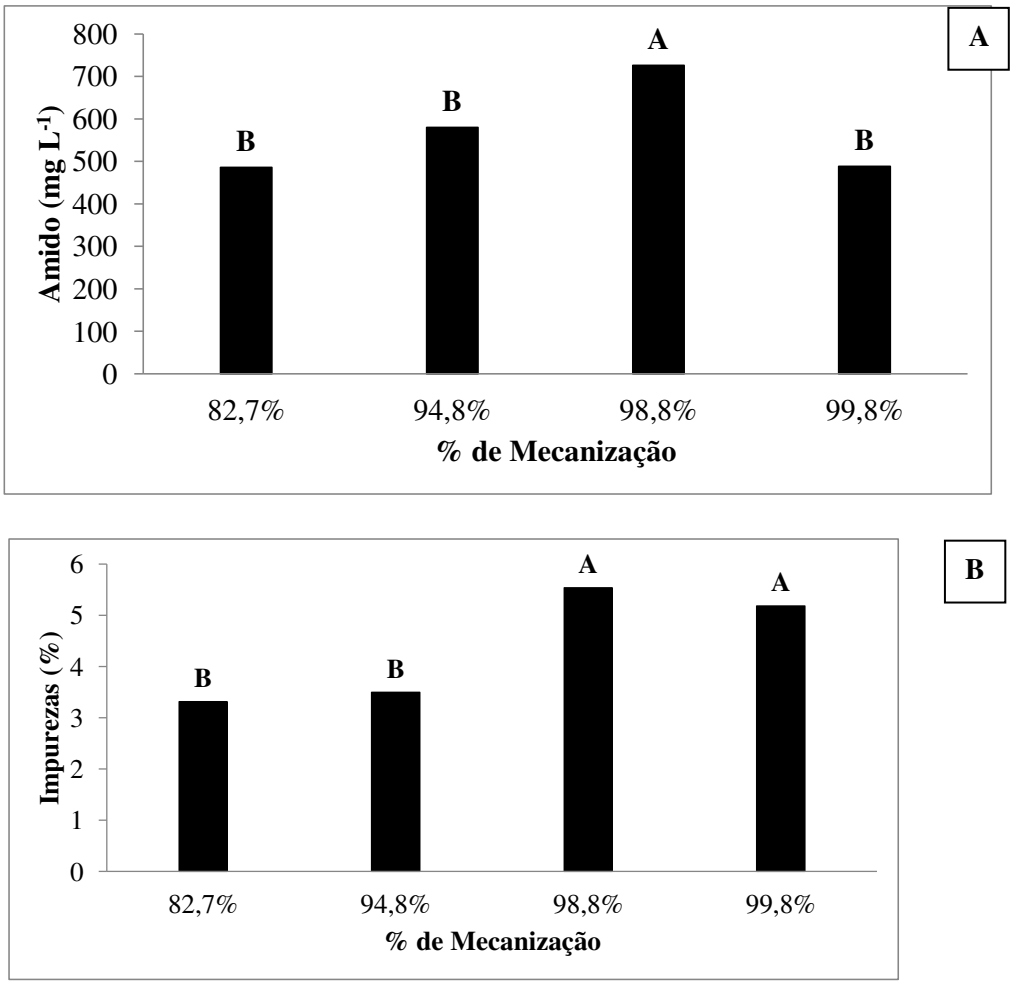
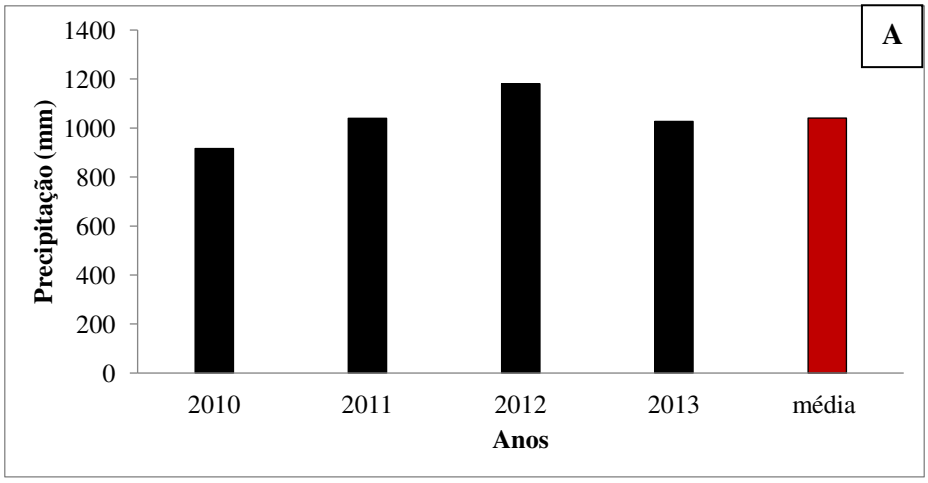
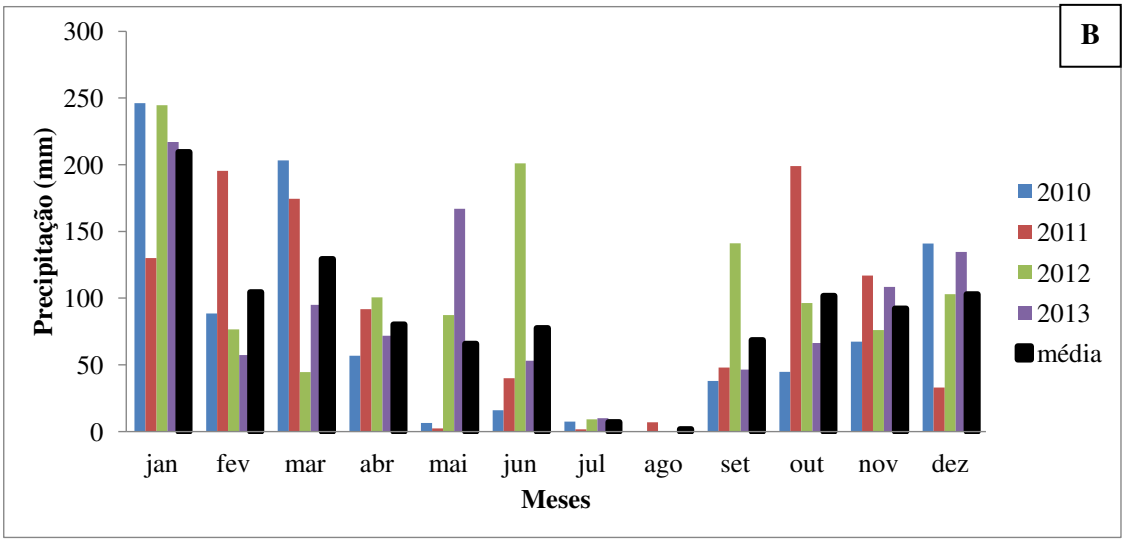


Figura 2 – Precipitação (mm) média: **A.** Total e **B.** Mensal dos anos de 2010 a 2013, na estação de Ibitinga-SP, mais próxima da usina Santa Fé, Nova Europa-SP.

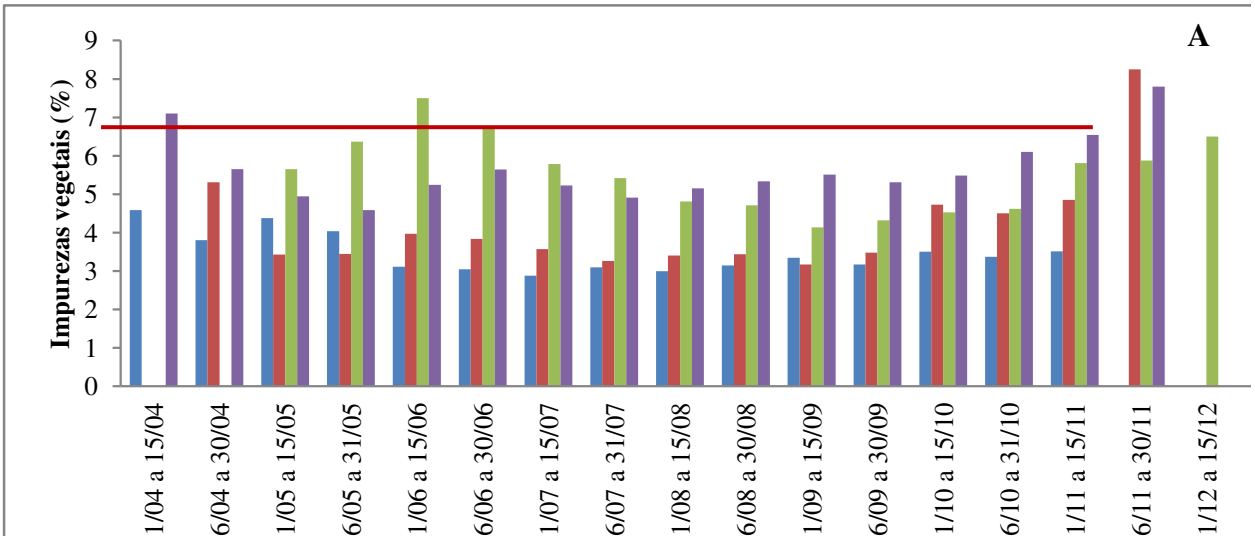


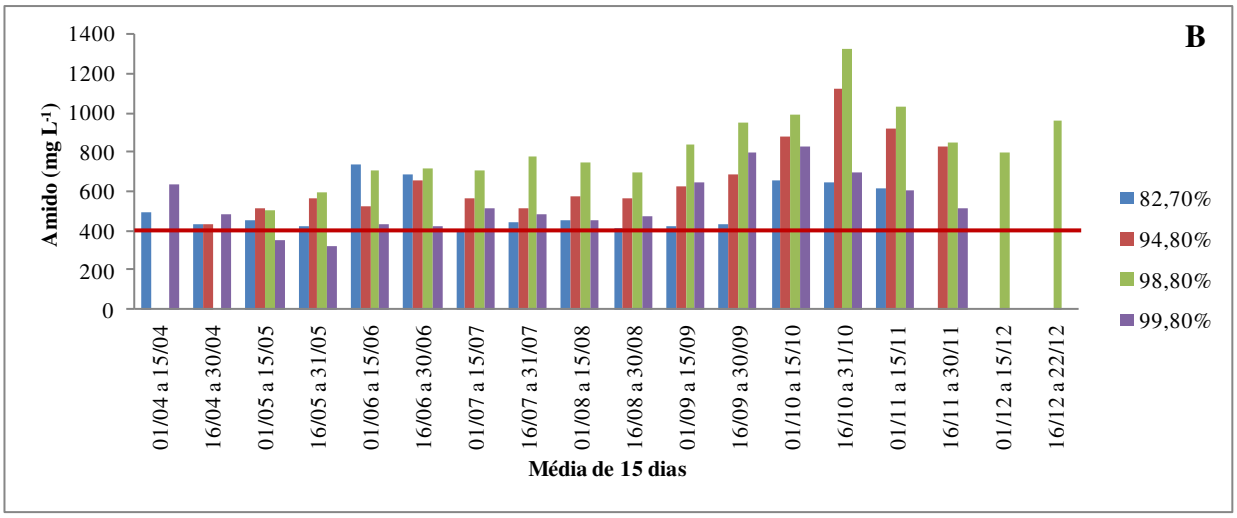


Para as impurezas foi observado que, para os últimos anos em que houve maior mecanização, ocorreu maior quantidade de impurezas vegetais adicionadas na carga que chegou à usina (Figura 1B). Os níveis médios de impureza vegetal no período estudado de 01/05 a 30/09 tiveram pico máximo em 6% o que corresponde ao relatado por DINARDO-MIRANDA et al. (2008). No entanto, quando se adiciona a quantidade de impurezas nos períodos antes de 01/05 (início de safra) e após 30/09 (final de safra) se verifica que o nível de impureza chegou a 8% (Figura 3 B).

Na Figura 3 se verificou que a quantidade de impurezas vegetais e amido são maiores no período que compreende o final das safras. Observa-se que nos dois últimos anos, com a colheita quase que totalmente mecanizada, esse incremento foi maior. O aumento da concentração de amido no final da safra foi tal que chegou a média de 1328 mg L^{-1} na quinzena de 16 de outubro de 2012. Deve se dar o destaque que, durante as safras analisadas, a quantidade de amido superou o preconizado por Figueira (2009) (400mg L^{-1}), que recomenda o uso da enzima α-amilase quando os resultados da análise de amido se apresentam mais elevados. Essa aplicação deve ser realizada então com maior atenção no final de safra.

Figura 3 – Porcentagem crescente de mecanização durante as safras 2010/2011 (82,7%), 2011/2012 (94,8%), 2012/2013 (98,8%) e 2013/2014 (99,8%). **A** – Impurezas Vegetais – Linha vermelha indica o máximo de concentração de impureza = 6%; **B** – Amido – linha vermelha indica a máxima concentração de 400 mg L^{-1}, limite para uso da enzima alfa-amilase.





Para finalizar, foi feita correlação linear entre a concentração de amido e a quantidade de impurezas vegetais, no entanto, não foi significativa (F= 0,2127^{ns}). Isto indica que não somente o incremento de impurezas ajuda explicar o aumento de amido no caldo de cana. Há outros fatores como o relatado neste estudo, identificado também pelos blocos ao acaso, que podem ter contribuído para as alterações encontradas na quantidade de amido. As precipitações parecem estar relacionadas com a não retirada da folha no processo de colheita, o que implica aumento do teor desse carboidrato no caldo. Se não for removida ou eliminada essa elevada concentração de amido, haverá redução da qualidade do açúcar obtido, com implicações conhecidas como a perda de valor final do produto.

4 Conclusões

A mecanização da colheita de cana crua aumenta a quantidade de impurezas vegetais adicionadas na matéria-prima.

A quantidade de amido não está relacionada somente com a quantidade de impurezas vegetais. Outros fatores são importantes como a precipitação, que impede que na colheita ocorra remoção de folhas verdes que são trazidas para indústria e aumentam o amido no caldo.

5 Agradecimentos

À usina Santa Fé, Nova Europa-SP por ceder os resultados das análises de quatro anos de impurezas vegetais e amido.

6 Referências

AMORIM, H. V. OLIVEIRA, A. J. Injeção na fermentação: como evitá-la. Açúcar & Álcool, São Paulo, v.2, n.5 p.12-18, 1982. **COPERSUCAR.** Enzimas alfa-amilase. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL, 2000, Piracicaba. Resumos. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação Agronômica e Agroestat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos.** Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015, 396p.

BELARDO, G. de C.; ROSA, M. J. H.; MAGALHÃES, P. S. G. **Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: Evolução da colheita mecanizada na cultura da cana-de-açúcar**. In.: BELARDO, G. de C.; CÁSSIA, M. T.; SILVA, R. P. (Ed). Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p.335-355.

BENEDINI, M. S., BROD,F. P. R., PERTICARRARI, J. G. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada.** Coplana, 2008. Disponível em: <http://www.coplana.com/gxpsites/.%5Cgxpfiles%5Cws001%5Cdesign%5CDownload%5CCirculares%5CPerdas_na_colheita_mecanizada.pdf>. Acesso em: 28 de abril. 2014.

BOVI, R.; SERRA, G. E. Folhas verdes, folhas secas, fibra do colmo e a clarificação do caldo da cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n. 3, p. 457-463, 2001.

CONSECANA. **Normas de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar.** Disponível em: < http://www.unica.com.br >. Acesso em: 21 Set. 2008.

COPERSUCAR**. Enzimas alfa-amilase.** In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL, 2000, Piracicaba. Resumos. 1 CD-ROM.

CTC. **Manual de métodos de análises para açúcar.** Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2011. Disponível em CD Rom.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. Cana-de-açúcar. Ed: Instituto Agronômico, Campinas, 2008, 882p.

EGGLESTON, G.; MONTES, B.; ANTOINE, A.; STEWART, D. Seasonal variations in optimized applications of intermediate temperature stable α-amylase in raw sugar manufacture. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 112, p. 472-480, 2010.

FIGUEIRA, J. A. **Determinação e caracterização de amido de cana-de-açúcar e adequação de metodologia para determinação de alfa-amilase em açúcar bruto**. FAPESP, Campinas, 2009. Disponível em:< htpp://www.fapesp.br/pt/bolsas/114658/determinacao-e-cracterizacao-de-amido-de-cana-de-acucar-e-adequacao-de-metodologia-para-determinacao>. Acesso em: 14 de abril. 2014.

GODOY, A. Soluções para redução de amido no açúcar. **In: 25º Reunião Anual Encontros Fermentec**, Águas de São Pedro. Fermentec, p. 07-08, 2004.

MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, O. A.; **Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar.** In.: CORTEZ, L. A. B. (Coord). Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010, p.14.

RAVANELI, G. C., **Efeito da cigarrinha-das-raízes com tratamento químico sobre a qualidade da matéria-prima e fabricação de álcool.** 2005.Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias. Jaboticabal, 71f.

STUPIELLO, J. P. Pontas de cana: problema industrial? **STAB** : açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 18, n. 4, p. 12, 2000.

THAI, C. C.D. **Studies on the clarification of juice from whole sugar cane crop.** 2013. 225f. Tese (Doctor of Philosophy) - School of Chemistry, Physics and Mechanical Engineering Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, 2013.