



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102021002016-4 A2



(22) Data do Depósito: 03/02/2021

(43) Data da Publicação Nacional: 16/08/2022

(54) **Título:** METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

(51) **Int. Cl.:** A01D 45/10; G06Q 50/02.

(52) **CPC:** A01D 45/10; G06Q 50/02.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO.

(72) **Inventor(es):** LUCAS AUGUSTO DA SILVA GÍRIO; ROUVESON PEREIRA DA SILVA.

(57) **Resumo:** METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. O presente pedido de patente de invenção refere-se a uma metodologia padrão que elimine a subjetividade do método de avaliação de abalos às soqueiras existentes. Os testes foram realizados em três localidades e inicialmente, os abalos foram avaliados pela metodologia subjetiva e posteriormente as soqueiras foram avaliadas pela metodologia proposta chamada de padrão. Esta consiste em quantificar o deslocamento dos colmos e atribuir valores a área que seu movimento projeta ao ser imprimida uma força conhecida sobre o mesmo. A metodologia proposta apresentou grande potencial para padronizar a avaliação de abalos às soqueiras. As informações geradas a partir da metodologia padrão permitem que sejam feitas comparações entre avaliações sem a influência do avaliador.



METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

[001] O presente pedido de patente de invenção refere-se a uma metodologia padrão que elimine a subjetividade do método de avaliação de abalos às soqueiras de cana-de-açúcar existentes.

CAMPO DE APLICAÇÃO

[002] O presente pedido de patente de invenção demonstra a inovação no campo técnico relacionado às informações geradas a partir da metodologia padrão permitem que sejam feitas comparações entre avaliações sem a influência do avaliador.

ESTADO DA TÉCNICA

[003] A colheita é uma das etapas mais importantes do sistema produtivo da cana-de-açúcar. O fim da queima aliado a questões de cunho social fizeram com que a colheita mecanizada atingisse, na região Centro-Sul, patamares próximos a 97% (Agência do Estado, 2015). O sistema mecanizado na colheita de cana-de-açúcar já é o principal método de corte utilizado nas regiões produtoras e unanimidade nas áreas de expansão, por promover aumento da capacidade operacional (Pereira e Torrozan, 2006).

[004] O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A mecanização da colheita tornou-se uma necessidade dos tempos modernos, mas perdas de 10 a 15% são frequentes quando a cana é colhida crua. A deflexão e o corte de base são responsáveis por danos na cana colhida e na soqueira. As colhedoras cortam a cana em sua base pelo impacto, usando dois discos rotativos com múltiplas lâminas. A alternativa para o corte por impacto é o corte por deslizamento. Foram estudados a influência do tipo de lâmina (inclinada para frente e para trás) e o passo do perfil serrilhado (3 e 7 mm) na presença de um momento fletor causado pela ação do rolo defletor. Uma lâmina padrão foi utilizada como testemunha e feitas quatro repetições para cada tipo de corte. Foram comparados os danos causados na cana e a energia gasta para cada corte. As lâminas inclinadas para a frente com passo serrilhado de 3 mm, foram as que apresentaram os melhores resultados (MELLO, Roberto da C. and HARRIS, Harry, 2003).

[005] Embora tenha trazido diversos benefícios, a colheita mecanizada tem causado grandes impactos na longevidade, perdas e produtividade dos canaviais (Neves et al. 2006). As colhedoras cortam a cana pelo impacto de múltiplas lâminas montadas em dois discos rotativos do mecanismo de corte de base (Mello, 2005) que podem causar danos considerados como o maior problema das colhedoras (Kroes, 1997) e abalos nas soqueiras que podem danificar o seu sistema radicular (Toledo et al. 2013). Um corte de qualidade visa tanto assegurar o melhor aproveitamento da lavoura, com menores índices de perdas e de contaminações da matéria prima, quanto garantir as condições agronômicas propícias para ocorrer a rebrota do canavial sem diminuição da produtividade nas safras futuras (Silva et al., 2008). Por isso, é importante que se avalie, de forma precisa, a qualidade com que a colheita está sendo realizada, o que frequentemente não ocorre (Dodson, 1998). Dentre os indicadores de qualidade de uma colheita, os abalos têm grande relevância ao se avaliar a operação. Para isso, utiliza-se com frequência o índice de abalos que consiste em atribuir um valor ao esforço empregado em cada colmo de uma soqueira por um avaliador (Cassia e Silva, 2015).

[006] A utilização da colheita mecanizada na cana-de-açúcar faz surgir preocupações quanto à qualidade do corte e à perda de matéria-prima; para minimizar esses problemas, os fabricantes de colhedoras têm desenvolvido dispositivos para auxiliar o operador no controle da altura de corte. Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho qualitativo de um dispositivo semiautomático de controle de altura de corte basal, instalado em uma colhedora de cana picada. Analisou-se em duas situações, com e sem o uso do dispositivo, a variabilidade da altura de corte, tocos arrancados e impureza mineral, por meio de estatística descritiva. Para as condições analisadas, o corte de base não está sob controle estatístico, não sendo possível manter a altura de corte determinada pela usina. O uso do dispositivo pode ser útil para a manutenção de altura de corte menor, mas é influenciado pelo estado do canavial e não mostrou vantagens quanto à impureza mineral; no entanto, apresentou menor frequência de tocos arrancados. Existem diferenças na altura do toco e na impureza mineral quando se considera o período de trabalho (manhã/tarde) (Salvi et

all, 2014).

[007] A colheita mecanizada de cana-de-açúcar é uma tendência crescente e irreversível ao setor canavieiro, devido à sua maior operacionalidade durante os turnos diurno e noturno, em razão das leis ambientais e trabalhistas ligadas a esta operação. Entretanto, o grande desafio deste sistema é a melhoria do mecanismo de corte de base, uma vez que esse mecanismo é capaz de causar elevados índices de danos e abalos nas soqueiras quando associado ao desgaste das facas do mecanismo de corte basal. Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a qualidade do corte basal por meio dos índices de danos e abalos causados às soqueiras, bem como o desgaste de três modelos de facas do mecanismo de corte basal de cana-de-açúcar, em função do tempo de uso. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, utilizando-se de três malhas amostrais, com espaçamentos de 50,0 x 1,50 m entre si, para cada modelo de faca, em diferentes glebas no mesmo talhão e repetições. As avaliações realizadas foram: perda de massa, desgaste do comprimento, largura e espessura do fio de corte das facas, bem como altura de corte, índice de danos e de abalos às soqueiras. A qualidade do corte basal é afetada pelo modelo de faca utilizado e pelo tempo de uso. A faca B apresenta menor variação e maior qualidade do corte basal para os índices de danos e de abalos às soqueiras de cana-de-açúcar (Voltarelli, M. *et al*, 2015).

[008] A gestão da qualidade nas operações agrícolas mecanizadas é essencial para diminuir a variabilidade inerente à mesma, podendo, de certa forma, melhorar a análise e interpretação dos resultados, para assim elaborar um plano de melhorias mais eficiente. Partindo do conceito que as metas do planejamento da qualidade é um fator a ser atingido, o gerenciamento da colheita de cana-de-açúcar apresenta maior confiabilidade dos resultados, se os indicadores que afetam o processo forem detectados, menor ocorrência dos erros tipo I e II nas cartas de controle e, por fim, a utilização de um modelo de carta que se adapte melhor para cada situação. Neste sentido, objetivou-se no presente trabalho aplicar uma gestão sistêmica da qualidade na operação de colheita mecanizada de mudas e comercial de cana-de-açúcar, visando definir indicadores críticos de qualidade, padrão de rigorosidade específico de

análise e definir um modelo de carta de controle para o melhor gerenciamento da colheita. O experimento foi desenvolvido em área agrícola de uma usina produtora de cana-de-açúcar no município de Frutal – MG. As análises dos dados foram baseadas no controle estatístico de qualidade, sendo utilizada a análise de modo e efeito de falhas, cartas de controle e índices de capacidade de processos. Existem sete indicadores críticos de qualidade, sendo que a altura de corte, índice de danos, porcentagem de gemas inviáveis e velocidade de trabalho possuem maior importância de análise, devido ao índice de prioridade de risco e a facilidade de obtenção dos dados para análise. Os indicadores de qualidade velocidade e consumo horário de combustível apresentam maior probabilidade de ocorrência do erro do tipo II ao usar o valor três (3σ) em associação ao desvio padrão. A carta de controle de valores individuais é a melhor opção para o monitoramento das perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, por apresentar maior facilidade na elaboração dos resultados, em relação às demais (Voltarelli, Tese de Doutorado, 2015).

[009] A mecanização da colheita de cana-de-açúcar vem crescendo nos estados produtores, devido à necessidade de erradicação da queima pré-colheita em toda área canavieira até 2017. Todavia, o sistema de corte basal das colhedoras ainda se mostra ineficiente, interferindo diretamente na qualidade da matéria-prima e comprometendo a longevidade do canavial. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar os índices danos e de abalos causados às soqueiras de cana-de-açúcar por três modelos de facas utilizadas no corte de base das colhedoras, sendo duas facas revestidas com carbeto de tungstênio e outra sem revestimento, com diferentes angulações. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em faixas, com o número de repetições definidas em função do tempo e do modo de uso das facas. Foram utilizados como indicadores de qualidade as variáveis altura de corte, os índices de danos e de abalos das soqueiras. Os índices de danos e de abalos às soqueiras apresentam influência em função do modelo de faca utilizado. A maior qualidade da operação para o índice de danos e de abalos às soqueiras ocorre para as facas revestidas com ângulo de 13° (Voltarelli, M. *et al*, 2017).

[010] Entretanto, a metodologia, apesar de prática, é considerada subjetiva pois

depende da percepção do indivíduo que está imprimindo força e pode apresentar grande divergência nos valores quando realizado por pessoas com diferentes níveis de experiência.

OBJETIVOS DA INVENÇÃO

[011] Diante do exposto, objetivou-se propor uma metodologia padrão que elimine a subjetividade do método de avaliação de abalos às soqueiras existentes.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO E DAS FIGURAS

[012] O presente pedido de patente de invenção será melhor explicado pela apresentação da metodologia, tabelas e figuras.

[013] Os testes em campo foram realizados em três áreas agrícolas distintas, nas proximidades dos municípios paulistas de Guariba, Jaboticabal e Monte Alto (Tabela 1).

Tabela 1. Localidades onde foram realizadas as avaliações, classificação do solo, cultivar e tipo de colheita.

Área Experimental	Classificação do Solo*	Cultivar	Colheita
Guariba, SP	Latossolo Vermelho distrófico	CTC 20	Mecanizada
Jaboticabal, SP	Latossolo Vermelho distrófico	SP80 3280	Mecanizada
Monte Alto, SP	Neossolo Quartizarênico órtico	RB92 579	Manual

*Classificação de acordo com Santos et al. (2014).

[014] Na área próxima a Guariba, o modelo de colhedora utilizada foi uma Case A8800 multi-row, com potência nominal de 263 kW (358 cv), operada a velocidade média de deslocamento de 2,5 km h⁻¹ e a rotação média no motor de 1800 rpm. Na área nas proximidades de Jaboticabal, o modelo de colhedora foi uma Case A8800 com potência nominal de 263 kW (358 cv), operada a velocidade e rotação média de 5,0 km h⁻¹ e 1800 rpm, respectivamente. Logo após a realização da colheita, foram realizadas as avaliações em campo descritas a seguir em seis soqueiras, com 26 colmos no total movimentados cada um em oito sentidos, gerando 208 informações.

[015] Com relação aos procedimentos das avaliações em campo: Foram selecionados pontos aleatórios para avaliação, lançando-se sobre as fileiras de cana colhida uma armação metálica de 0,25 m². Dentro da área amostral os colmos foram identificados

com minibandeiras numeradas (Figura 1), em que cada colmo teve sua altura de corte aferida – corresponde à distância perpendicular entre o ponto em que as facas do mecanismo de corte cisalharam o colmo até a superfície do solo – e os abalos classificados de acordo com a metodologia adaptada de Toledo (2012) por Cassia e Silva (2015) e, posteriormente, pela metodologia proposta no presente estudo.

[016] A Figura 1 representa a identificação dos colmos dentro da área amostral com minibandeiras numeradas.

[017] Com relação à metodologia adaptada de Toledo (2012) por Cassia e Silva (2015) para determinação do índice de abalos às soqueiras, o estudo mostra que para o cálculo do índice de abalos às soqueiras, primeiro foi classificada a condição de cada colmo dentro da armação após aplicar, manualmente, uma força perpendicular ao mesmo. De acordo com a resistência do colmo à força aplicada, classificou-se o abalo no colmo conforme a percepção do avaliador em: fraco (af), médio (am) ou forte (aff), atribuindo-se pesos para cada tipo de abalo. Para abalos fracos, o peso atribuído foi 0,00; para abalos médios, 0,50; e para abalos fortes, foi atribuído 1,00 (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos tipos de abalos, representação gráfica da avaliação e os pesos atribuídos a cada classe abalo.

Classificação	Representação	Peso*
Abalo Fraco (af)		0,00
Abalo Médio (am)		0,50
Abalo Forte (aff)		1,00

*Valores propostos Cassia e Silva (2015) e adaptados pelo autor.

[018] Com os valores dos pesos de cada colmo, foi calculado o Índice de Abalos às Soqueiras (IA) apresentado na Equação 1:

$$IA = \frac{P_{af} \cdot N_{af} + P_{am} \cdot N_{am} + P_{aff} \cdot N_{aff}}{N} \quad (1)$$

em que,

IA: Índice de abalo às soqueiras (0,00 a 1,00); Paf: peso atribuído ao abalo fraco (0,00); Naf: número de colmos com abalo fraco; Pam: peso atribuído ao abalo médio (0,50); Nam: número de colmos com abalo médio; Paff: peso atribuído com abalo forte (1,00); Naff: número de colmos com abalo forte; N: número total de colmos contidos na área amostral.

[019] Após os cálculos, as soqueiras tiveram os abalos classificados em: fraco ($0,00 \leq IA < 0,33$), médio ($0,33 \leq IA < 0,66$) e forte ($0,66 \leq IA \leq 1,00$).

[020] As avaliações foram realizadas por dois indivíduos, um chamado de avaliador 1, com experiência na realização da avaliação e outro chamado de avaliador 2, sem experiência. Posteriormente, procedendo-se à análise comparativa dos índices de abalos obtidos, determinou-se o erro relativo das avaliações (Equação 2):

$$|ER| = \frac{(IA_1 - IA_2)}{IA_1} \cdot 100 \quad (2)$$

em que, |ER|: erro relativo (%); IA1: índice de abalo às soqueiras Avaliador 1 (padrão); IA2: índice de abalos às soqueiras Avaliador 2.

[021] A metodologia padrão para avaliação de abalos às soqueiras, proposta de objeto desse pedido de patente de invenção, não depende da sensibilidade e percepção do avaliador, pois consiste em determinar, numericamente, o abalo às soqueiras, compreendido como o resultado da capacidade da movimentação dos colmos de uma soqueira quando aplicada uma força conhecida. Para padronizar a avaliação, primeiramente foram aplicados conceitos de momento de alavanca para estabelecer o intervalo de força máxima que pode ser aplicada no colmo para seu deslocamento,

sem que houvesse o rompimento das raízes. A Figura 2 mostra uma representação gráfica da aplicação do conceito de momento de alavanca em um colmo.

[022] O momento de alavanca ou torque é uma grandeza vetorial que pode ser definido como o produto da intensidade de uma força pela distância perpendicular desde a linha de ação da força até o eixo de rotação (Equação 3), ou seja, pode-se dizer que o torque é a fração da força aplicada sobre um objeto (colmo) que é efetivamente utilizada para fazê-lo girar em torno de um eixo ou ponto central, conhecido como ponto pivô ou eixo de rotação (Figura 2).

$$\vec{\tau} = \vec{F} \cdot h \quad (3)$$

em que,

$\vec{\tau}$: torque (Nm); $\vec{F}$: força (N); h: altura do colmo (m).

[023] A distância do ponto pivô ao ponto onde atua uma força (F) é chamada braço do momento (comprimento do colmo) e foi denotado por 'h' (Figura 2). A força conhecida foi aplicada utilizando um Dinamômetro Digital Portátil da Instrutherm TM modelo DD-500, com capacidade de medição máxima de 49,03 N (5 kgf) e resolução de 0,01 N (0,1 kgf), com precisão de 0,4% . A Figura 3A mostra Dinamômetro Digital Portátil Instrutherm modelo DD-500 (1) e os acessórios (gancho (2), corda trançada de polipropileno de 1,5 mm (3) e um parafuso 6,0 x 25 mm (4)) e a Figura 3B mostra a sua aplicação.

[024] Após padronizar a faixa de força aplicável, iniciou-se a medição da movimentação da soqueira. Foi estabelecido que seria aferida a movimentação em oito sentidos, denominados: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (L), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste (O) e Noroeste (NO), sendo os sentidos L e O sempre paralelos à fileira de cana e os sentidos N e S perpendiculares. As Figuras 4A e 4B mostram a representação de um colmo e os sentidos em que pode ser movimentado após aplicação de uma força. À esquerda (Figura 4A), mostra a vista em perspectiva. À direita (Figura 4B), mostra a vista superior do colmo.

[025] A movimentação da soqueira corresponde a um movimento circular que a extremidade do colmo faz ao redor de um eixo de rotação (Figura 5), ou seja, o movimento corresponde ao ângulo formado entre a posição inicial do colmo quando em

repouso (posição “a”) e a nova posição (posição “b”) após aplicar uma força determinada em um dos sentidos. O ângulo formado entre as posições “a” e “b” é chamado de deslocamento angular, representada por “ Θ ”, podendo variar de 0° a 180°. As Figuras 5A e 5B mostram o deslocamento angular do colmo (Θ) da posição “a” para “b” dentro do mesmo quadrante com força aplicada no sentido Leste (Figura 5A). Deslocamento angular do colmo (Θ) da posição “a” para “b” em quadrantes diferentes com força aplicada no sentido Oeste (Figura 5B).

[026] Quando o deslocamento do colmo ocorrer dentro do mesmo quadrante (Figura 5A), então Θ é a diferença entre a posição “a” e “b” (Equação 4).

$$\Theta = b - a \quad (4)$$

em que,

Θ : deslocamento angular (graus); b: posição angular final do colmo após aplicar força (graus); a: posição angular do colmo em repouso (graus).

[027] Quando o deslocamento do colmo ocorrer entre dois quadrantes (Figura 5B), o ângulo Θ corresponde à soma dos ângulos das posições “a” e “b” (Equação 5).

$$\Theta = b + a \quad (5)$$

em que,

Θ : deslocamento angular (graus); b: posição angular final do colmo após aplicar força (graus); a: posição angular do colmo em repouso (graus).

[028] Para aferir as posições inicial e final do colmo, foi utilizado o aplicativo Clinometer, desenvolvido pela PlainCode™ instalado em um *smartphone* Apple iPhone modelo 5S. O aplicativo utiliza os três acelerômetros STMicroelectronics do aparelho para fazer as medições com resolução $\pm 0,1$ grau.

[028] O *smartphone* foi posicionado sobre a superfície do colmo na posição inicial (Figura 6), sendo então aplicada uma força utilizando o dinamômetro em cada um dos oito sentidos até atingir a força e o deslocamento angular máximos.

[029] A Figura 6 representa uma simulação de uma medição do deslocamento angular no sentido Leste. Na Figura 6 é possível observar um exemplo de medição em que o celular está posicionado sobre o colmo na posição inicial “a” com valor de 16 e, após a aplicação da força máxima de 35 N, o colmo tem um deslocamento até atingir a posição final “b” de 61°. No caso, o deslocamento angular na posição Leste corresponde a 45° (Figura 6), uma vez que o deslocamento do colmo se deu em um mesmo quadrante.

[030] No tocante ao cálculo da área de projeção da movimentação do colmo (APMC), após a aferição do deslocamento angular dos colmos nos oito sentidos em que a soqueira foi movimentada, os dados foram plotados em um gráfico polar (ou radar) com oito eixos (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO), sendo que cada eixo representa um dos sentidos de movimentação do colmo. Para confecção dos gráficos, cada grau foi considerado equivalente a uma unidade de medida linear (u.m.l.) que variou entre 0 (zero) e 180.

[031] Ao se traçar uma linha conectando os valores plotados em um eixo com os valores dos eixos seguinte e anterior, forma-se um polígono composto por diversos triângulos (Figura 7), cuja área total corresponde a área de projeção da movimentação do colmo, calculada pela Equação 6. A Figura 7 representa um exemplo de um gráfico radar gerado a partir da avaliação da projeção da movimentação de um colmo. AT1 a AT8 são as denominações dos triângulos que compõe o polígono formado.

$$APMC = \sum_{i=1}^8 AT_i \quad (6)$$

em que,

APMC: Área de Projeção da Movimentação do Colmo em unidade de medida de área (u.m.a);

AT1: área do triângulo formado entre os eixos N e NE (u.m.a);

AT2: área do triângulo formado entre os eixos NE e L (u.m.a);

AT3: área do triângulo formado entre os eixos L e SE (u.m.a);

AT4: área do triângulo formado entre os eixos SE e S (u.m.a);

AT5: área do triângulo formado entre os eixos S e SO (u.m.a);

AT6: área do triângulo formado entre os eixos SO e O (u.m.a);

AT7: área do triângulo formado entre os eixos O e NE (u.m.a);

AT8: área do triângulo formado entre os eixos NE e N (u.m.a).

[032] Para calcular a área de cada triângulo que compõe APMC, primeiramente foi necessário calcular o lado do triângulo de valor desconhecido, “X” (Figura 8). A Figura 8 apresenta o detalhe de um dos triângulos que compõe do gráfico radar formado a partir da projeção da movimentação de um colmo. Para isso, foi adaptada a Lei dos Cossenos (Equação 7), utilizada para calcular um lado ou ângulo desconhecido de um triângulo qualquer. Por se tratar de um gráfico com oito eixos, os triângulos têm um ângulo conhecido de 22,5°, e na equação foi aplicado diretamente o valor calculado do cosseno de 22,5° ($\approx 0,924$).

$$X^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot 0,924 \quad (7)$$

em que,

X: lado desconhecido do triângulo;

b: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos;

c: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos.

[033] Após a determinação do lado “X” dos triângulos, a área de cada triângulo foi calculada por meio da fórmula Heron (Equação 8):

$$AT = \sqrt{S(S - X)(S - b)(S - c)} \quad (8)$$

em que,

AT: área de um dos triângulos que compõe o polígono (u.m.a);

S: semiperímetro de um dos triângulos que compõe o polígono em unidade de medida linear (u.m.l.);

X: lado calculado do triângulo (u.m.l.);

b: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.);

c: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.).

[034] O Semiperímetro (S), que compõe a equação para o cálculo de área, foi calculado pela Equação 9:

$$S = \frac{X + b + c}{2} \quad (9)$$

em que,

S: semiperímetro de um dos triângulos que compõe o polígono (u.m.l.);

X: lado calculado do triângulo (u.m.l.);

b: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.);

c: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.).

[035] Baseado nos resultados de APMC obtidos, foram propostos intervalos para classificação dos abalos em: fraco, médio e forte.

[036] No tocante aos resultados obtidos, com relação à validação preliminar da metodologia, primeiramente foram avaliadas seis soqueiras pelo método subjetivo. Na Tabela 3 são apresentados os valores dos índices de abalos calculados a partir da avaliação dos abalos realizados por dois indivíduos e a porcentagem de erro relativo entre as avaliações, considerando-se o avaliador 1 como padrão por possuir experiência com a metodologia.

[037] Os maiores valores dos índices de abalos foram constatados nas áreas colhidas mecanicamente, localizadas em Guariba e Jaboticabal, enquanto que os menores valores foram constatados nas soqueiras colhidas manualmente, em Monte Alto (Tabela 3). Com relação ao erro relativo entre os índices calculados, foram verificados valores que variaram entre 14,29 e 100,00% para as soqueiras de Guariba e 40,00 e 50,00% para as soqueiras de Jaboticabal, não coincidindo os valores de nenhuma das soqueiras avaliadas (Tabela 3).

[038] A discrepância dos valores pode ser explicada pela maneira como é feita a avaliação do abalo que consiste na aplicação de uma força manual provocada pelo avaliador, verificando-se a mobilização direta das soqueiras no solo (Voltarelli et al., 2017), ou seja, a metodologia está sujeita a percepção dos avaliadores. Por não haver

uma referência na classificação, quando a verificação do abalo é realizada por uma pessoa inexperiente, as informações geradas podem ter a qualidade influenciada.

Tabela 3. Índice de abalos e o erro relativo entre os índices de abalos calculados a partir da avaliação de um avaliador padrão e de um avaliador inexperiente.

Localidade	Soqueira	IA ₁	IA ₂	ER (%)
Guariba, SP	1	0,25	0,50	100,00
	2	0,70	0,60	14,29
Jaboticabal, SP	3	0,50	0,25	50,00
	4	0,50	0,30	40,00
Monte Alto, SP	5	0,13	-	-
	6	0,25	-	-

*IA₁: índice de abalos Avaliador 1. IA₂: Índice de abalos Avaliador 2. ER: erro relativo entre os índices IA₁ e IA₂.

[039] Por não haver uma referência na classificação, quando a verificação do abalo é realizada por uma pessoa inexperiente, as informações geradas podem ter a qualidade influenciada. Para utilização da metodologia precisa, a partir da avaliação das seis soqueiras, foram gerados 208 dados que após serem analisados, permitiram estabelecer parâmetros, com intervalos de valores, para que a classificação sofra o mínimo possível de influência do avaliador (Tabela 4).

[040] Analisando as condições dos colmos no campo após a colheita, simulou-se que a APMC gerada quando do deslocamento angular fosse entre 0 e 3° em todos os sentidos, corresponderia a um abalo fraco (APMC entre 0 e 15); quando a APMC gerada do deslocamento angular fosse entre 3,1 e 8,1° em todos os sentidos, corresponderia a um abalo médio (APMC entre 15,1 e 100); e quando a APMC gerada do deslocamento angular fosse maior que 8,1° em todos os sentidos, corresponderia a um abalo forte (APMC > 100) (Tabela 4).

Tabela 4. Classificação de abalos dos colmos baseada na área de movimentação.

Abalo	Θ (°)	APMC (u.m.a)	Representação Gráfica
Fraco	0 a 3	0 a 15	
Médio	3,1 a 8,1	15,1 a 100	
Forte	> 8,1	> 100	

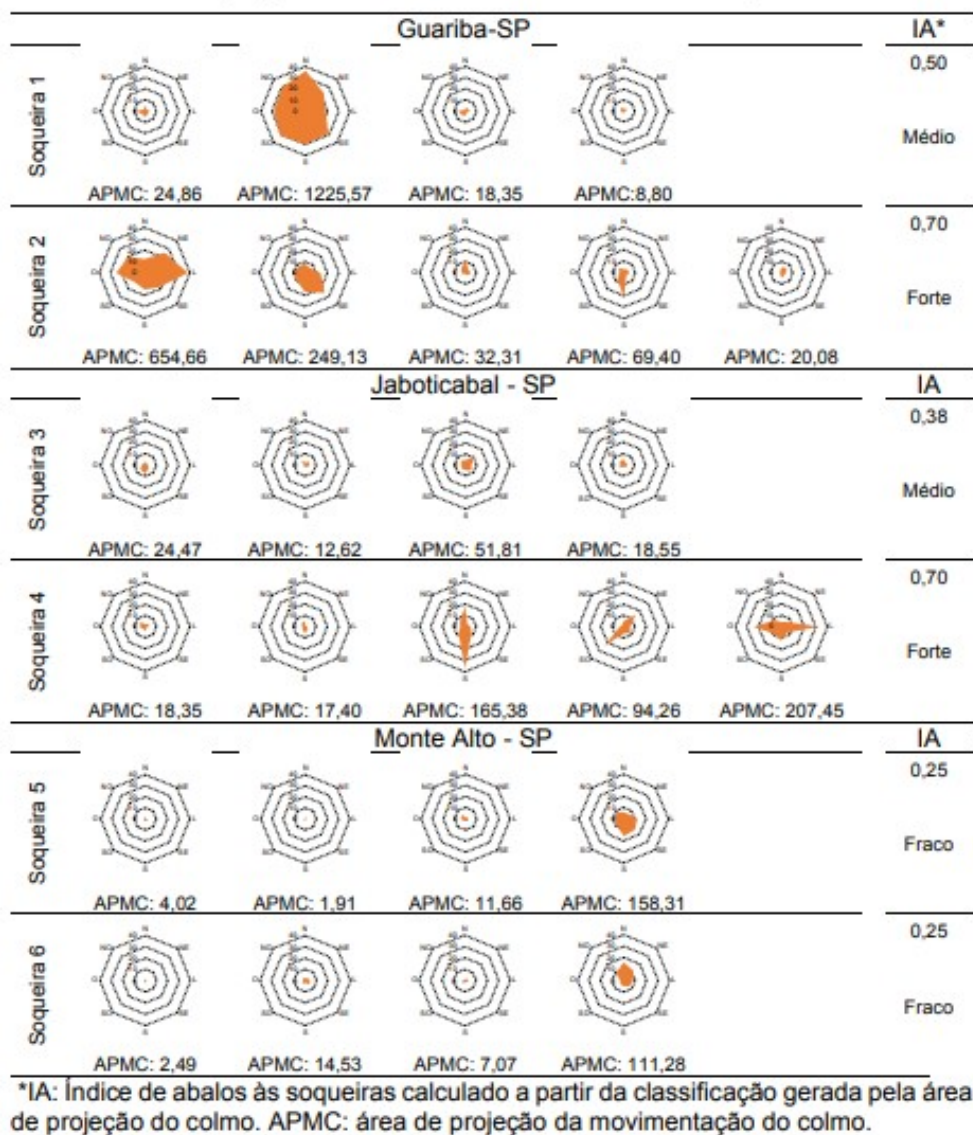
* Θ : deslocamento angular do colmo. APMC: área de projeção da movimentação do colmo.

[041] Na Tabela 5 são apresentados os gráficos representando a APMC e seus respectivos valores para cada soqueira e o índice de abalos calculado a partir da classificação proposta na Tabela 4. As soqueiras 1 e 3 foram classificadas em medianamente abaladas com valores de IA iguais a 0,50 e 0,38, respectivamente (Tabela 5). É possível observar na Tabela 5 que na soqueira 1, dos quatro colmos encontrados, um apresentava abalo fraco (APMC = 8,80), dois colmos abalo médio (APMC = 24,86 e 18,35) e um com abalo forte (APMC = 1225,57). Já na soqueira 2, os quatro colmos foram classificados com abalos médios (APMC = 24,47; 12,62; 51,81 e 18,55). As soqueiras 2 e 4 foram classificadas com abalo forte (IA = 0,7), pois dos cinco colmos que ambas possuíam, três colmos foram classificados com abalos fortes e dois com abalos médios utilizando como referência os valores de APMC.

[042] Já as soqueiras 5 e 6 foram classificadas como abalo fraco (IA = 0,25), sendo que dos quatro colmos encontrados em ambas, três foram considerados fracamente abalados e apenas um fortemente abalado (Tabela 5).

[043] Assim como observado na classificação de abalos pelo método subjetivo (Tabela 4) quanto pelo método preciso (Tabela 5), as soqueiras com maiores valores de índice de abalos foram as colhidas mecanicamente, contra as de menor valor colhidas manualmente.

Tabela 5. Área de projeção dos colmos e índice de abalos às soqueiras.



[044] Isto se deve ao fato de que a colheita mecanizada pode ser agressiva às soqueiras, pois o corte do colmo é realizado pelo impacto de múltiplas facas acopladas em um disco rotativo, em que a força normal é predominante, o que causa grandes estragos na soqueira e na cana colhida (Mello, 2005). Somado a isso, o corte basal da cana por impacto é auxiliado por um rolo defletor que empurra a cana para frente antes de cortá-la (Mello e Harris, 2003). O corte basal e a deflexão, juntos são considerados os principais responsáveis por causar perda da qualidade da matéria prima colhida e causar injúrias nas soqueiras prejudicando a rebrota e a longevidade do canavial (Salvi

et al., 2007). Por fim, foram calculados os erros relativos entre os IA calculados a partir das metodologias precisa e subjetiva (Tabela 3).

[045] Por fim, foram calculados os erros relativos entre os IA calculados a partir das metodologias precisa e subjetiva (Tabela 3).

Tabela 6. Índice de abalos e o erro relativo entre os índices de abalos calculados a partir da avaliação de um avaliador padrão e da avaliação precisa.

Localidade	Soqueira	IA _{precisa}	IA ₁	ER (%)
Guariba, SP	1	0,50	0,25	100,00
	2	0,70	0,70	0,00
Jaboticabal, SP	3	0,38	0,50	24,00
	4	0,70	0,50	40,00
Monte Alto, SP	5	0,25	0,13	92,31
	6	0,25	0,25	0,00

* IA_{precisa}: Índice de abalos metodologia precisa. IA₁: índice de abalos avaliador 1. ER: erro relativo entre os índices IA₁ e IA_{precisa}.

[046] Para ambas as metodologias, os IA foram maiores nas áreas onde foi realizada a colheita mecanizada. Verificou-se que para as soqueiras 2 e 6 os valores calculados de IA foram coincidentes, portanto o erro relativo foi igual a zero (Tabela 6). Apenas as soqueiras 1 e 4 tiveram a classificação do IA em classes diferentes (Tabela 6). A maior parte dos erros ou discrepância das avaliações em campo ocorre 18 entre os limites das classificações entre a classe média e as classes superiores e inferiores. A metodologia precisa, tem grande potencial principalmente por estabelecer valores de limites, reduzindo um dos principais problemas da avaliação de abalos.

[047] A metodologia proposta apresentou grande potencial para padronizar a avaliação de abalos às soqueiras. As informações geradas a partir da metodologia padrão permitem que sejam feitas comparações entre avaliações sem a influência do avaliador.

REIVINDICAÇÕES

1. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, a dita metodologia padrão **caracterizada por** compreender:

- a realização de avaliações em campo em seis soqueiras, com 26 colmos no total movimentados cada um em oito sentidos, gerando 208 informações;
- selecionar pontos aleatórios para avaliação, lançando-se sobre as fileiras de cana colhida uma armação metálica de 0,25 m²; em que dentro da área amostral os colmos são identificados com minibandeiras numeradas; em que cada colmo teve sua altura de corte aferida, que corresponde à distância perpendicular entre o ponto em que as facas do mecanismo de corte cisalharam o colmo até a superfície do solo e os abalos classificados;
- determinar, numericamente, o abalo às soqueiras, compreendido como o resultado da capacidade da movimentação dos colmos de uma soqueira quando aplicada uma força conhecida.

2. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que, para padronizar a avaliação, primeiramente foram aplicados conceitos de momento de alavanca para estabelecer o intervalo de força máxima que pode ser aplicada no colmo para seu deslocamento, sem que houvesse o rompimento das raízes.

3. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 e 2,

caracterizado pelo modelo utilizar a equação $\vec{\tau} = \vec{F} \cdot h$ para calcular o momento de alavanca ou torque da movimentação da soqueira.

4. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 3, **caracterizado pela** medição da movimentação da soqueira ser estabelecida como a medição em oito sentidos, denominados, Norte (N), Nordeste (NE), Leste (L), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste (O) e Noroeste (NO), sendo os sentidos L e O sempre paralelos à fileira de cana e os sentidos N e S perpendiculares.

5. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo** fato de que, quando o deslocamento do colmo ocorrer dentro do mesmo quadrante, então, utiliza-se a equação $\Theta = b - a$, em que Θ : deslocamento angular (graus); b: posição angular final do colmo após aplicar força (graus); a: posição angular do colmo em repouso (graus).

6. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo** fato de que, quando o deslocamento do colmo ocorrer entre dois quadrantes, então, utiliza-se a equação $\Theta = b + a$, em que Θ : deslocamento angular (graus); b: posição angular final do colmo após aplicar força (graus); a: posição angular do colmo em repouso (graus).

7. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo** fato de que, para aferir as posições inicial e final do colmo, foi utilizado o aplicativo Clinometer, desenvolvido pela PlainCode™ instalado em um *smartphone* Apple iPhone modelo 5S; em que o aplicativo utiliza os três acelerômetros STMicroelectronics do aparelho para fazer as medições com resolução $\pm 0,1$ grau.

8. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo** fato de que após realizar o cálculo da área de projeção da movimentação do colmo (APMC) e aferição do deslocamento angular dos colmos nos oito sentidos em que a soqueira foi movimentada, os dados foram plotados em um gráfico polar (ou radar) com oito eixos (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO), sendo que cada eixo representa um dos sentidos de movimentação do colmo; em que, para a confecção dos gráficos, cada grau foi considerado equivalente a uma unidade de medida linear (u.m.l.) que variou entre 0 (zero) e 180.

9. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 8, **caracterizado pelo** fato de que ao se traçar uma linha conectando os valores plotados

em um eixo com os valores dos eixos seguinte e anterior, forma-se um polígono composto por diversos triângulos, cuja área total corresponde a área de projeção da movimentação do colmo, calculada por:

$$APMC = \sum_{i=1}^8 AT_i$$

em que,

APMC: Área de Projeção da Movimentação do Colmo em unidade de medida de área (u.m.a);

AT1: área do triângulo formado entre os eixos N e NE (u.m.a);

AT2: área do triângulo formado entre os eixos NE e L (u.m.a);

AT3: área do triângulo formado entre os eixos L e SE (u.m.a);

AT4: área do triângulo formado entre os eixos SE e S (u.m.a);

AT5: área do triângulo formado entre os eixos S e SO (u.m.a);

AT6: área do triângulo formado entre os eixos SO e O (u.m.a);

AT7: área do triângulo formado entre os eixos O e NE (u.m.a);

AT8: área do triângulo formado entre os eixos NE e N (u.m.a).

10. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 9, **caracterizado pelo** fato de que para calcular a área de cada triângulo que compõe APMC, primeiramente foi necessário calcular o lado do triângulo de valor

desconhecido, “X”, $X^2 = b^2 + c^2 - 2.b.c.0,924$, em que:

X: lado desconhecido do triângulo;

b: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos;

c: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos.

11. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 10, **caracterizado pelo** fato de que após a determinação do lado “X” dos triângulos, a área de cada triângulo foi calculada por meio da fórmula

$$AT = \sqrt{S(S - X)(S - b)(S - c)}$$

em que,

AT: área de um dos triângulos que compõe o polígono (u.m.a);

S: semiperímetro de um dos triângulos que compõe o polígono em unidade de medida linear (u.m.l);

X: lado calculado do triângulo (u.m.l.);

b: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.);

c: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.).

12. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 11, **caracterizado pelo** fato de que o Semiperímetro (S), que compõe a equação para o cálculo de área, foi calculado por:

$$S = \frac{X + b + c}{2}$$

em que,

S: semiperímetro de um dos triângulos que compõe o polígono (u.m.l.);

X: lado calculado do triângulo (u.m.l.);

b: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.);

c: lado do triângulo de valor correspondente ao plotado em um dos eixos (u.m.l.).

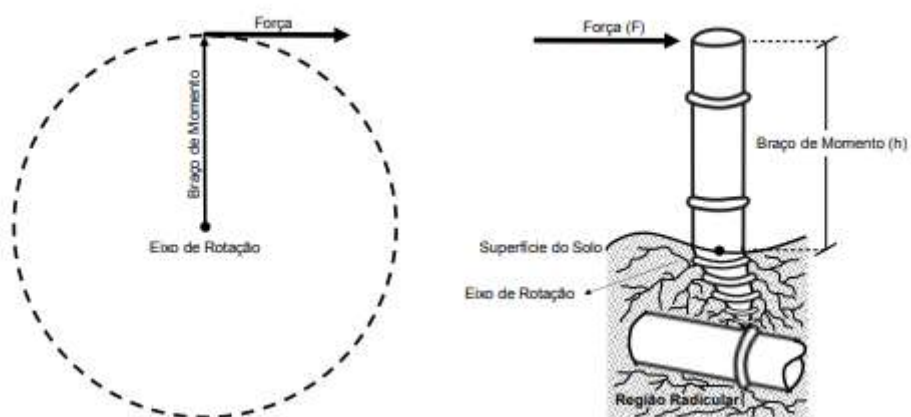
13. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com quaisquer reivindicações 1 a 12, **caracterizado pelo** fato de que, baseado nos resultados de APMC obtidos, foram propostos intervalos para classificação dos abalos em: fraco, médio e forte.

14. **“METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR”**, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo** abalo considerado fraco, médio e forte, nas seguintes condições:

- Abalo fraco: Θ (°) – 0 a 3; APMC: 0 a 15 u.m.a.
- Abado médio: Θ (°) – 3,1 a 8,1; APMC: 15,1 a 100 u.m.a.
- Abalo forte: Θ (°) – > 8,1; APMC: >100 u.m.a.



FIGURA 1

**FIGURA 2**

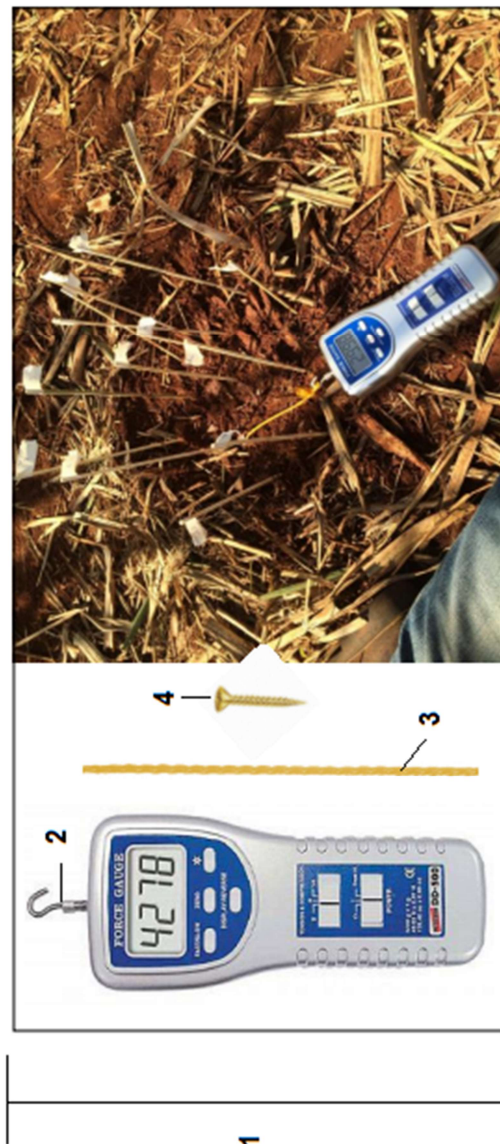


FIGURA 3B

FIGURA 3A

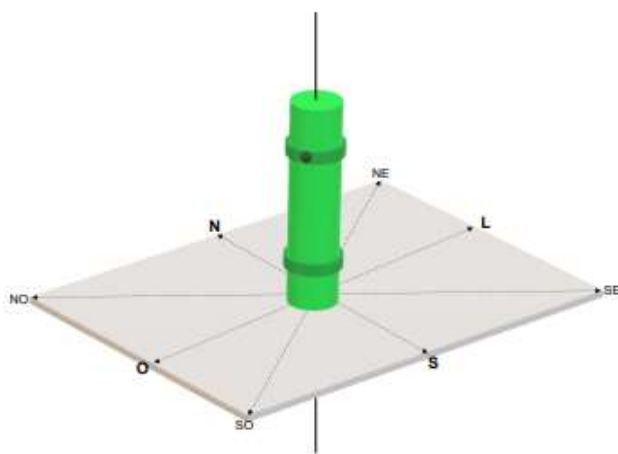


FIGURA 4A

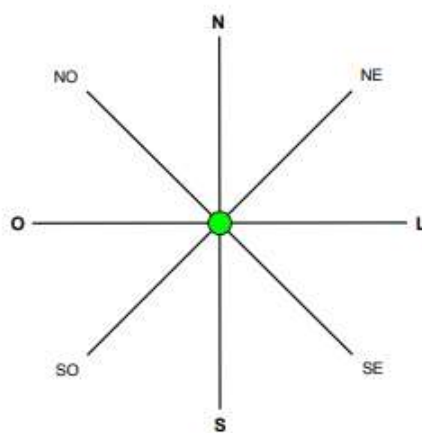


FIGURA 4B

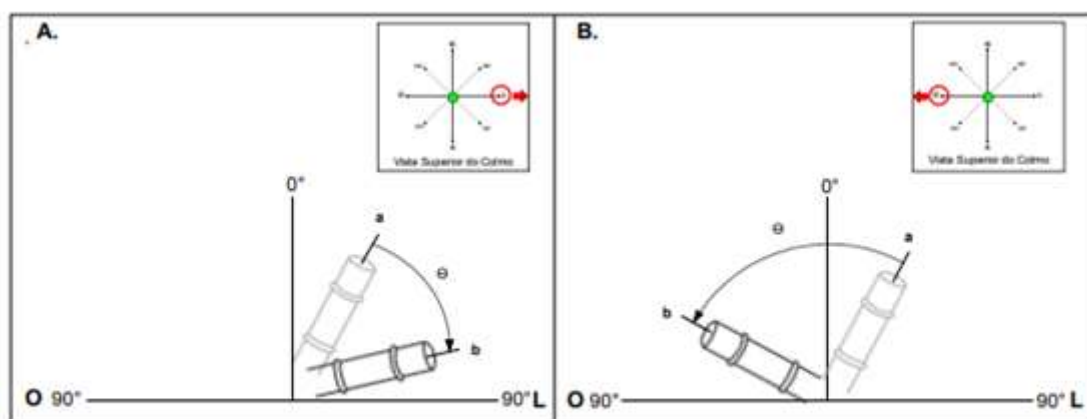


FIGURA 5A

FIGURA 5B

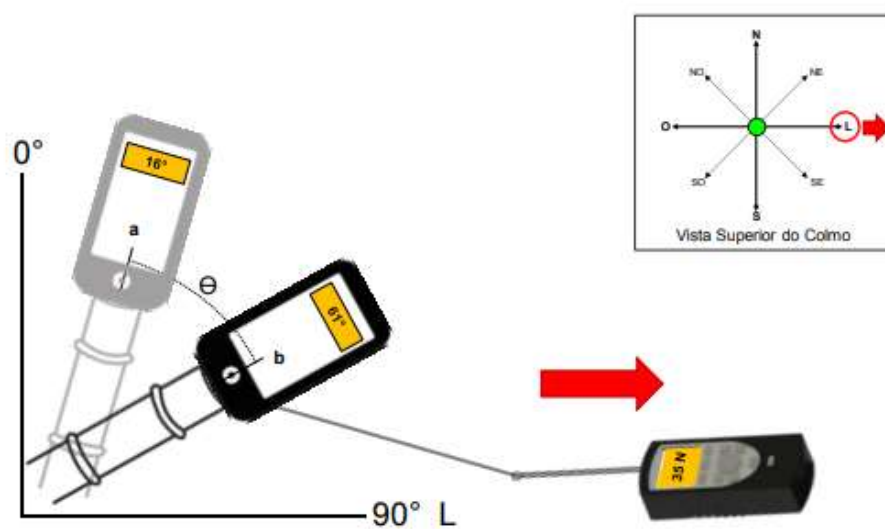


FIGURA 6

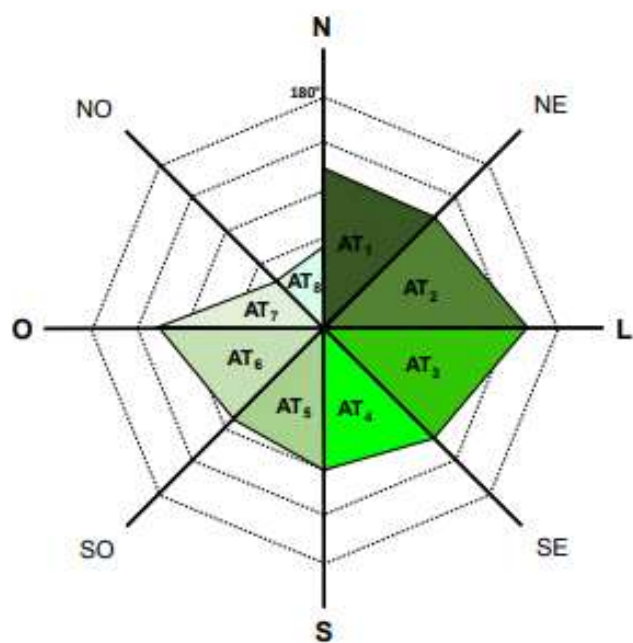


FIGURA 7

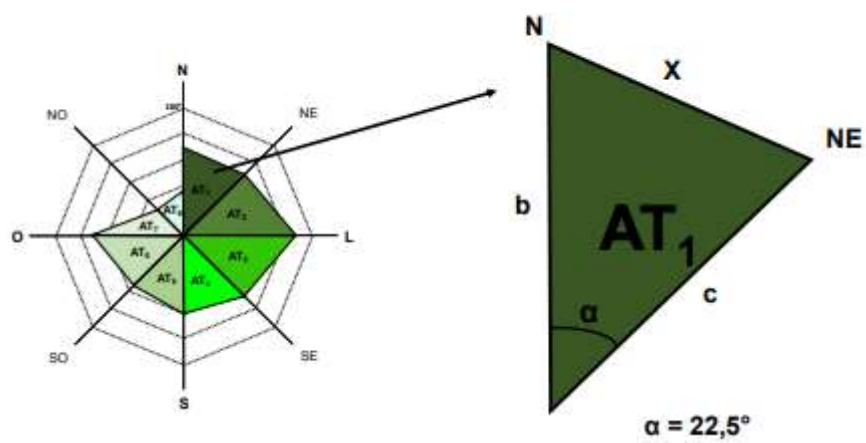


FIGURA 8

RESUMO

METODOLOGIA PADRÃO PARA A AVALIAÇÃO DE ABALOS ÀS SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.

O presente pedido de patente de invenção refere-se a uma metodologia padrão que elimine a subjetividade do método de avaliação de abalos às soqueiras existentes. Os testes foram realizados em três localidades e inicialmente, os abalos foram avaliados pela metodologia subjetiva e posteriormente as soqueiras foram avaliadas pela metodologia proposta chamada de padrão. Esta consiste em quantificar o deslocamento dos colmos e atribuir valores a área que seu movimento projeta ao ser imprimida uma força conhecida sobre o mesmo. A metodologia proposta apresentou grande potencial para padronizar a avaliação de abalos às soqueiras. As informações geradas a partir da metodologia padrão permitem que sejam feitas comparações entre avaliações sem a influência do avaliador.