

1
2 **MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUALITATIVOS DA**
3 **CANA-DE-AÇÚCAR**

4
5
6 **MARCOS NASCIMBEM FERRAZ¹, LUCAS DE PAULA CORRÊDO², JOSÉ PAULO MOLIN³**

7
8 1 Eng^o Agrônomo, Consultor, SmartAgri, Av. Limeira, 1131, Areião, Piracicaba – SP, Fone: (19) 99913-1580, marcosnferraz@hotmail.com

9 2 Eng^o Agrícola, Doutorando, Lab. de Agricultura de Precisão, Depto. Engenharia de Biossistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP

10 3 Eng^o Agrícola, Professor, Lab. de Agricultura de Precisão, Depto. Engenharia de Biossistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP

11
12
13 Apresentado no
14 **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2018**
15 *Curitiba, Paraná, 2 a 4 de outubro de 2018*

16
17 **RESUMO:** Para algumas culturas agrícolas, como a cana-de-açúcar, a avaliação da variabilidade espacial de
18 atributos qualitativos pode apresentar-se como uma excelente estratégia para traçar formas de intervenção que
19 resultem em melhor rentabilidade da lavoura. Partindo do pressuposto de existência de variabilidade espacial
20 de atributos qualitativos da cana de açúcar, e de uniformidade na distribuição destes ao longo do colmo de
21 diferentes variedades, os objetivos deste trabalho foram avaliar a distribuição de parâmetros qualitativos no
22 colmo de diferentes variedades de cana-de-açúcar, e avaliar a variabilidade espacial destes atributos em um
23 talhão comercial. Foram coletadas amostras de nove variedades para análise de qualidade em laboratório e de
24 Brix com um refratômetro digital. Os mapas foram feitos utilizando os resultados laboratoriais de 91 amostras
25 obtidas em um talhão de 16,6 ha cultivado com uma única variedade (RB855453). Foram encontradas
26 diferenças significativas na qualidade entre diferentes segmentos de uma mesma planta e variabilidade espacial
27 entre as amostras para os atributos avaliados ($CV > 5\%$). Os resultados permitem concluir que a melhor forma
28 de expressar o potencial qualitativo da planta é por meio da análise de amostras obtidas em diferentes partes
29 do colmo. Além disso, justifica-se o gerenciamento localizado da cultura, sendo duas amostras por ha
30 suficientes para mapear os atributos qualitativos no talhão.

31
32 **PALAVRAS-CHAVE:** sacarose; qualidade tecnológica; geoestatística.

33
34 **SPATIAL VARIABILITY MAPPING OF SUGARCANE QUALITATIVE ATTRIBUTES**

35
36 **ABSTRACT:** Spatial variability evaluation of qualitative attributes can be used as an excellent strategy to
37 design forms of intervention that result in better crop profitability for some agricultural crops, for example,
38 sugarcane. Based on the assumption that qualitative attributes of sugarcane present spatial variability and the
39 distribution along the stems are uniform from different varieties, this work goals were to evaluate the
40 qualitative parameters distribution of different sugarcane varieties and the spatial variability of these attributes
41 in a commercial field. Samples of nine varieties were collected for laboratory quality analysis and Brix
42 parameter was analyzed by a digital refractometer. The maps were generated using 91 results from the
43 laboratory analysis of the 16.6 ha field. There were found significant differences of cane quality between
44 different segments on the same plant and spatial variability between the samples for the evaluated attributes
45 ($CV > 5\%$). The results allow to conclude that the best way to express the qualitative potential of the plant is
46 through the analysis of samples obtained in different parts of the stem. In addition, it is justified to apply crop
47 localized management with two samples per ha which is sufficient to map the qualitative attributes in the field.

48
49 **KEYWORDS:** saccharose; technological quality; geostatistic.

50
51 **INTRODUÇÃO**

52 Os recentes esforços para a obtenção de mapas de produtividade em cana-de-açúcar ainda necessitam
53 avançar para a obtenção de mapas da qualidade, que é o principal parâmetro de valor da cultura, o que
54 representa uma grande limitação ao avanço da Agricultura de Precisão nesse setor da agroindústria
55 (BRAMLEY, 2009).

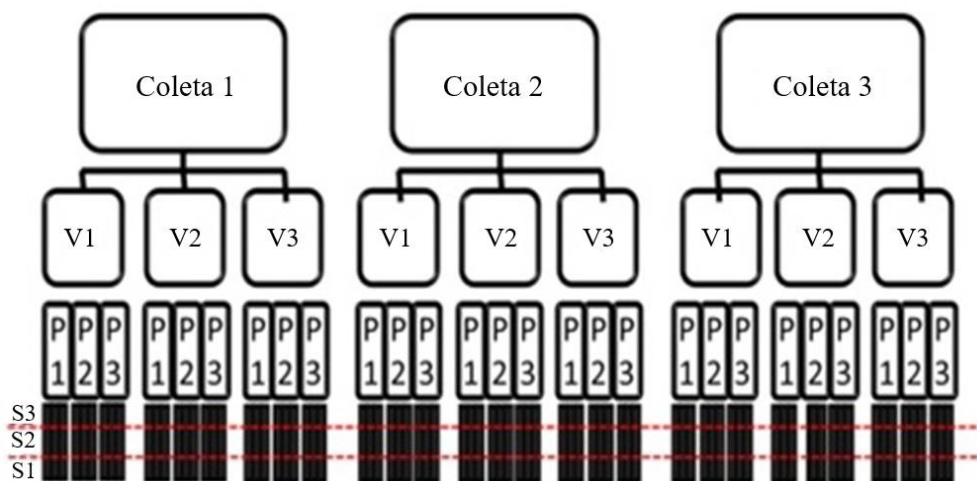
1 Bramley e Whelan (2012) mostraram diversas aplicações de mapeamento da qualidade para diversas
 2 culturas agrícolas, destacando o setor de cana, uma vez que a remuneração deste produto é definida com base
 3 em aspectos qualitativos. A qualidade da cana é expressa pelo Açúcar Total Recuperável (ATR) no processo
 4 industrial. Essa concentração é a razão entre massa de açúcares por massa total de cana, sendo que o valor
 5 pago pela tonelada de cana é obtido pela multiplicação do ATR e um valor fixado pelo mercado. Com a
 6 introdução de técnicas de gestão localizada nas regiões do campo onde os parâmetros de qualidade estejam
 7 abaixo do desejado, pode-se obter maior produtividade de produtos com características superiores e, com isso,
 8 aumentar o retorno econômico da atividade (MEDEMA e VAN BERJEIJK, 2000).

9 Pesquisas direcionadas ao mapeamento de atributos de qualidade de produtos agrícolas no campo ainda
 10 são escassas. Scarpari e Beauclair (2008) avaliaram a variação espaço-temporal do teor de sólidos solúveis em
 11 cultivo de cana com o uso de um refratômetro de campo e observaram a existência de dependência espacial
 12 dos dados. Varella et al. (2012) propuseram uma metodologia para o mapeamento do Brix em cana e
 13 observaram que com 2,04 avaliações por hectare foi possível validar a interpolação por krigagem. Com 29,7
 14 amostras por hectare, Bramley et al. (2012) observaram um baixo coeficiente de variação em relação ao teor
 15 de açúcar, apresentando baixa variabilidade espacial deste fator ao longo do talhão.

16 Portanto, são necessários mais estudos que indiquem a melhor forma de amostragem e a densidade
 17 mínima de pontos para confecção de mapas de variabilidade qualitativa da cultura, partindo da hipótese de
 18 existência de variabilidade espacial para os atributos qualitativos da cultura e que exista uniformidade destes
 19 ao longo do colmo de plantas de diferentes variedades. A obtenção de dados qualitativos da cana-de-açúcar
 20 durante o processo de colheita, associados a dados quantitativos, pode fornecer à agricultura de precisão uma
 21 ferramenta inestimável quanto à gestão da variabilidade espacial existente para estes parâmetros, além da
 22 otimização de processos industriais e planejamento econômico do setor. Desta forma, este trabalho teve como
 23 objetivo avaliar a distribuição de parâmetros qualitativos no colmo de diferentes variedades de cana-de-açúcar,
 24 a fim de identificar os melhores pontos para amostragem, além de identificar a existência de variabilidade
 25 espacial em um talhão comercial dos atributos utilizados no cálculo de pagamento a fornecedores no Brasil.

26 MATERIAL E MÉTODOS

27 Inicialmente foram coletadas 27 touceiras (P) com quatro colmos (perfilhos) cada uma (Figura 1). As
 28 coletas foram realizadas na região de Piracicaba, SP, em três datas distintas: 09/09/2014 (Coleta 1), 25/09/2014
 29 (Coleta 2) e 09/10/2014 (Coleta 3), sendo coletadas nove touceiras de variedades (V) diferentes (três canas por
 30 talhão), provenientes de um talhão em cada data. Além disso, foram registradas informações de número do
 31 corte, ambiente de produção, utilização ou não de vinhaça na área, a data do último corte e a idade da cana
 32 amostrada (Tabela 1).
 33
 34



35 FIGURA 1. Esquema das coletas e obtenção de amostras seccionadas para leituras de Brix e análises
 36 laboratoriais de qualidade. V – variedades, P – touceiras, S – seções de corte.
 37
 38

39 Os colmos foram então cortados em seções baixa (S1), média (S2) e alta (S3), obtendo-se 108 seções
 40 em cada uma das três coletas. Foi obtido o Brix de cada seção, utilizando-se um refratômetro digital de bolso
 41 (Atago Co., Ltd, Tóquio, Japão). Após as medições de Brix realizadas em cada tolete, todos os segmentos
 42 pertencentes à mesma altura, da mesma planta, foram processados simultaneamente, a fim de obter um volume
 43 de caldo suficiente para realização das análises laboratoriais. Assim, foram obtidas 27 amostras para análises

laboratoriais em cada coleta (81 no total) (Figura 2). As análises laboratoriais das amostras foram realizadas de acordo com o Manual de Instruções CONSECANA – SP (2006), de forma a avaliar os parâmetros: Brix, Pol da Cana (PC), Pureza do caldo (Qpur), açúcares redutores da cana (ARC), teor de fibras (F) e açúcar total recuperável (ATR).

TABELA 1. Características das amostras coletadas.

Data da Coleta	Amostra	Variedade	Estágio	Ambiente	Vinhaça	Corte Anterior	Idade
09/09/2014	1	SP80-3280 A	3° Corte	B	S	20/11/2013	10 m e 20 d
09/09/2014	2	RB867515 A	5° Corte	C	S	05/11/2013	11 m e 04 d
09/09/2014	3	SP81-3250	2° Corte	E	S	17/12/2013	9 m e 23 d
25/09/2014	1	RB855536	2° Corte	A	N	11/12/2013	10 m e 14 d
25/09/2014	2	SP80-3280 B	4° Corte	C	N	22/11/2013	11 m e 3 d
25/09/2014	3	RB867515 B	3° Corte	E	N	28/11/2013	10 m e 28 d
09/10/2014	1	SP83-2847	1° Corte (Inv)	A	S	08/07/2013	16 m e 1 d
09/10/2014	2	IACSP95-5000	4° Corte	B	S	25/09/2013	13 m e 15 d
09/10/2014	3	CTC 15	3° Corte	D	N	12/09/2013	13 m e 28 d

(Inv): Plantio de Inverno

Foram realizados testes de Tukey para analisar as diferenças de Brix entre as secções de uma mesma planta, entre touceiras em um mesmo talhão e diferença geral entre as variedades. Em laboratório foram analisadas as diferenças entre as secções de uma mesma variedade (neste caso as plantas de um mesmo talhão foram consideradas repetições); entre mesmas secções em variedades diferentes, e a diferença geral entre as variedades.

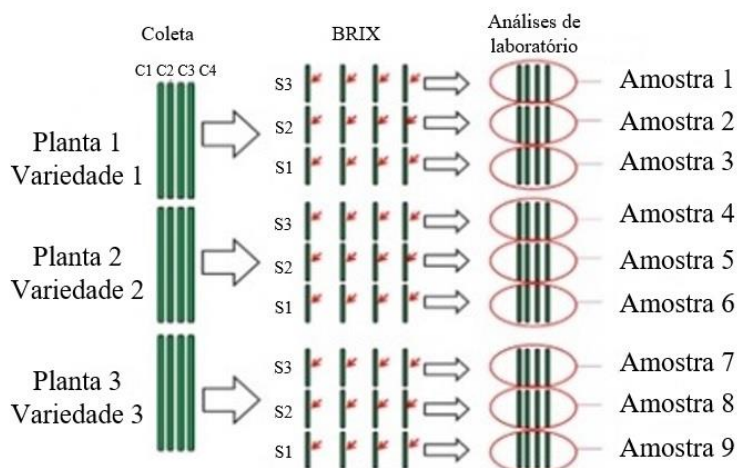


FIGURA 2. Esquema da obtenção de amostras para análises laboratoriais de Brix por talhão em cada data de coleta.

Posteriormente foram obtidas amostras georreferenciadas em um talhão comercial, durante a operação de colheita. O talhão situava-se em ambiente de produção “A” com a variedade RB855453, considerada propícia a esse tipo de ambiente, com velocidade de crescimento média e época ideal de colheita entre maio e junho. A colheita foi realizada no dia 27/06/2014, estando as plantas em seu terceiro corte. Foram coletadas 91 amostras no talhão de 16,6 ha (aproximadamente 5,4 pontos ha⁻¹) com distâncias aleatórias entre os pontos de amostragem, a fim de aprimorar as análises geoestatísticas (Figura 3). Em cada ponto foram coletados quatro colmos cortados rente ao solo e conduzidos ao laboratório.

Os resultados laboratoriais dos dados georreferenciados obtidos na área experimental foram então interpolados pelo método de krigagem para a geração de mapas, utilizando-se o programa Vesper (WHELAN et al., 2002). Para cada atributo foi confeccionado o semivariograma, utilizando-se o mesmo software para o cálculo dos valores de Patamar, Alcance e Efeito Pepita. A relação entre os atributos também foi analisada. Ao fim das análises, os resultados obtidos para cada atributo avaliados foram comparados aos dados obtidos pelas análises realizadas pela usina onde foi conduzido o experimento.

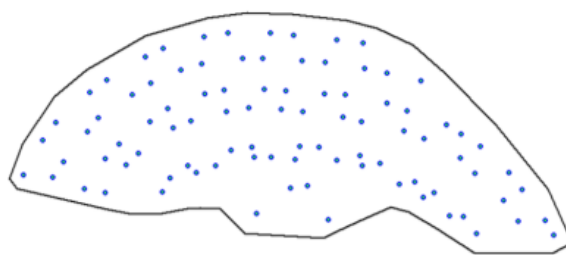


FIGURA 3. Esquema da distribuição espacial dos pontos amostrais no talhão

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se diferença no Brix entre as secções da mesma planta, principalmente entre as secções 1 e 3 (Tabela 2). Observa-se que as variedades RB867515 A, RB855536, SP80-3280 B e SP83-2847, foram as que apresentaram diferenças menos expressivas entre as secções. Poucos foram os talhões onde foi encontrada diferença entre as plantas coletadas, possivelmente devido à proximidade entre os mesmos.

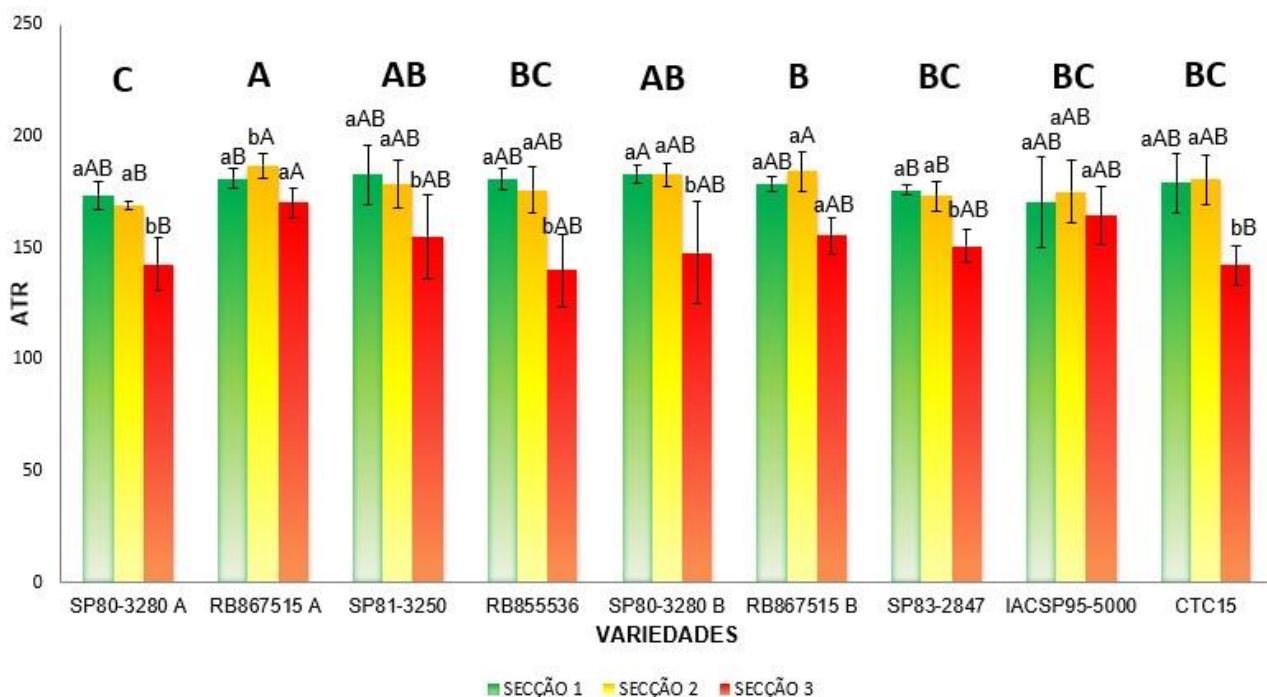
TABELA 2. Resultados de Brix médio para cada secção do colmo de diferentes variedades de cana.

Variedade	Planta	Secção 1	Secção 2	Secção 3	MÉDIA **
SP80-3280 A	CANA 1	23,45aA	21,58abA	21,10bA	22,36D
	CANA 2	23,38aA	22,90abA	22,33bA	
	CANA 3	22,93aA	21,98aA	21,60aA	
	MÉDIA*	23,25C	22,15C	21,68D	
RB867515 A	CANA 1	23,65aA	22,75bA	23,58abA	23,87B
	CANA 2	24,73aA	24,58aA	23,65aA	
	CANA 3	24,15aA	23,825aA	23,93aA	
	MÉDIA*	24,18BC	23,72B	23,72B	
SP81-3250	CANA 1	22,90abA	21,50bA	23,38aA	23,33BC
	CANA 2	21,93aB	22,85aA	21,00aA	
	CANA 3	27,25aC	24,13bA	25,00bB	
	MÉDIA*	24,03BC	22,83BC	23,13BC	
RB855536	CANA 1	22,90aA	20,78aA	20,53aA	22,77CD
	CANA 2	23,25aA	22,90aA	22,10aA	
	CANA 3	24,53aB	24,38aB	23,55aB	
	MÉDIA*	23,56BC	22,68BC	22,06CD	
SP80-3280 B	CANA 1	23,93aA	24,63aA	25,18aA	24,24AB
	CANA 2	24,43aA	23,60aA	23,48aB	
	CANA 3	24,60aA	24,03aA	24,30aAB	
	MÉDIA*	24,32B	24,08AB	24,32AB	
RB867515 B	CANA 1	25,25aA	23,98aA	22,85bA	25,04A
	CANA 2	25,63aA	25,65aB	25,08aB	
	CANA 3	26,00aA	26,25aB	24,70bA	
	MÉDIA*	25,63A	25,29A	24,21AB	
SP83-2847	CANA 1	25,45aA	23,38aA	24,15aA	24,76A
	CANA 2	23,68aA	24,15aA	23,48aA	
	CANA 3	25,83aA	26,20aA	26,53aB	
	MÉDIA*	24,98AB	24,58AB	24,72AB	
IACSP95-5000	CANA 1	21,75aA	22,63aA	21,83aA	24,94AB
	CANA 2	24,48aAB	28,75bB	26,75bB	
	CANA 3	25,18aB	26,25aAB	26,83aB	
	MÉDIA*	23,8BC	25,88A	25,13A	
CTC15	CANA 1	24,68aA	25,18aA	26,10aA	24,57A
	CANA 2	23,00aA	23,40aB	23,23aB	
	CANA 3	26,48aA	24,48bAB	24,55bB	
	MÉDIA*	24,72AB	24,35AB	24,63A	

^{abc} Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste T ($P \leq 0,05$); letras minúsculas comparam entre as secções da mesma planta, letras maiúsculas comparam mesmas secções entre plantas diferentes, dentro de cada variedade; * letras maiúsculas comparam variedades dentro de cada secção; ** letras maiúsculas comparam variedades, considerando todas as secções.

1 Os resultados das diferenças entre as variedades são semelhantes ao se avaliar todas as amostras ou
 2 apenas as amostras pertencentes à mesma secção. Isso significa que tanto avaliando apenas uma mesma parte
 3 da planta, quanto avaliando a planta toda, diferenças de qualidade serão encontradas. No entanto, as secções
 4 do topo as expressam melhor.

5 A partir dos resultados laboratoriais foi possível obter o ATR para as secções de cada variedade (Figura
 6 4). A variedade RB867515 B e a variedade IACSP95-5000 foram as que apresentaram menor diferença entre
 7 as secções, possivelmente por estarem em estágio de maturação mais avançado. A variedade RB867515 da
 8 primeira coleta (A) foi a que apresentou melhores valores de ATR, mesmo estando no quinto corte. Nota-se
 9 que o grau de maturação não é o fator mais limitante para determinação do bom desempenho geral da variedade
 10 em relação à qualidade. Plantas que apresentaram pouca diferença entre as secções de um mesmo colmo, como
 11 a variedade IACSP95-5000, fato que pode significar estágio avançado de maturação, não necessariamente
 12 obtiveram os melhores valores de qualidade.
 13



14 abc letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste T ($P \leq 0,05$); letras minúsculas comparam secções da mesma variedade; letras
 15 maiúsculas comparam mesmas secções entre variedades diferentes; letras em negrito comparam as variedades, considerando todas as
 16 secções.
 17

18 FIGURA 4. Resultados e análises estatísticas do valor de ATR da cana-de-açúcar.

19
 20 Nota-se também que ao se avaliar apenas as secções basais, é possível identificar pouca diferença entre
 21 as variedades, e ao avaliar apenas a secção do topo, essas diferenças podem ser potencializadas. Ainda, é
 22 possível observar que, as secções 1 e 2 da maioria das variedades estudadas não diferiram estatisticamente
 23 quanto aos resultados de ATR. Essa diferença entre secções de uma mesma variedade foi ainda menos
 24 expressiva para valores de Brix (Tabela 2). Sendo assim, sugere-se a padronização das amostras que serão
 25 utilizadas para avaliação de parâmetros qualitativos de cana. Utilizando as secções superiores, foi possível
 26 observar maior expressividade da diferença qualitativa entre as variedades avaliadas, entretanto, sob uma
 27 óptica prática, o melhor pode ser a avaliação da planta inteira, a fim de alcançar melhor representatividade do
 28 potencial qualitativo da planta.

29 Observa-se que, para os dados de ATR, Brix, Pol da cana e pureza, os resultados obtidos pela usina
 30 apresentaram resultados absolutos inferiores aos obtidos com o presente estudo (Tabela 3). Essa diferença
 31 deve-se principalmente à maior quantidade de palha presente na cana após a colheita mecanizada da cana crua.
 32 Tal fato deve ser levado em conta principalmente devido à tendência de se colher a cultura com maior
 33 quantidade de palha, tanto para produção energética quanto para a produção de etanol de segunda geração
 34 (SANTOS et al., 2012). Evidencia-se, portanto, a importância das análises em amostras obtidas diretamente
 35 da colhedora.

36 O coeficiente de variação observado foi maior do que aquele obtido por Bramley et al. (2012) (3,8%),
 37 possivelmente devido ao menor tamanho do talhão analisado pelos autores (6,8 ha); mas este fato também

1 pode estar relacionado às diferentes características ambientais entre as lavouras. Caso sejam considerados os
 2 valores de ATR mensurados para cálculos de remuneração (sendo o valor pago ao produtor estipulado pela
 3 quantidade colhida pelo ATR medido, multiplicada pelo valor fixo do ATR), o desvio padrão observado
 4 causaria uma variação de 10,08% na renda do talhão. Ao contabilizar os valores máximos e mínimos
 5 encontrados, essa variação seria de 21,43%.

6
 7 TABELA 3. Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade das amostras georreferenciadas.

	ATR	Brix	Pol da cana	Fibras (F)	ARCana	Q (pureza)
Média	134,59	17,49	13,49	10,71	0,51	89,07
Erro padrão	0,75	0,07	0,08	0,06	0,01	0,29
Mediana	134,62	17,60	13,46	10,69	0,51	89,12
Desvio padrão	7,14	0,70	0,81	0,56	0,08	2,80
C.V	5,31	4,00	6,00	5,27	16,56	3,14
Curtose	-0,35	0,04	-0,30	-0,89	5,22	5,45
Assimetria	-0,18	-0,35	-0,14	0,11	-0,98	1,00
Intervalo	32,50	3,50	3,60	2,17	0,60	20,35
Mínimo	119,12	15,70	11,75	9,70	0,10	82,45
Máximo	151,62	19,20	15,35	11,87	0,70	102,80
Dados Usina	108,39	15,68	10,56	12,81	0,73	80,68

8
 9 Após a análise geostatística dos atributos, observou-se que o atributo que obteve menor alcance dos
 10 dados foi o teor de fibras (Tabela 4), possivelmente devido à pouca influência que esse atributo exerce no teor
 11 de açúcares da cana (Tabela 5). A concentração de sólidos solúveis na cana (Brix) apresentou maior
 12 dependência espacial em relação aos demais atributos e alcance menor (exceto em relação ao teor de fibras),
 13 indicando maior dependência espacial desse atributo. De fato, esse atributo, juntamente com Pol apresentaram
 14 alta correlação com o teor de açúcares da cana, como pode ser observado na Tabela 5. Entretanto, destaca-se
 15 que Pol é melhor para a estimativa de ATR quando comparado ao Brix, devido à influência dos açúcares
 16 redutores neste atributo. O ATR apresentou variação grande, como pode ser observado pelo elevado valor de
 17 efeito pepita. Observa-se ainda que a qualidade do modelo ajustado, estimada pelo cálculo do coeficiente de
 18 determinação (R^2), foi satisfatória para Brix, Pol e ATR, principais atributos qualitativos avaliados para a
 19 cultura da cana de açúcar.

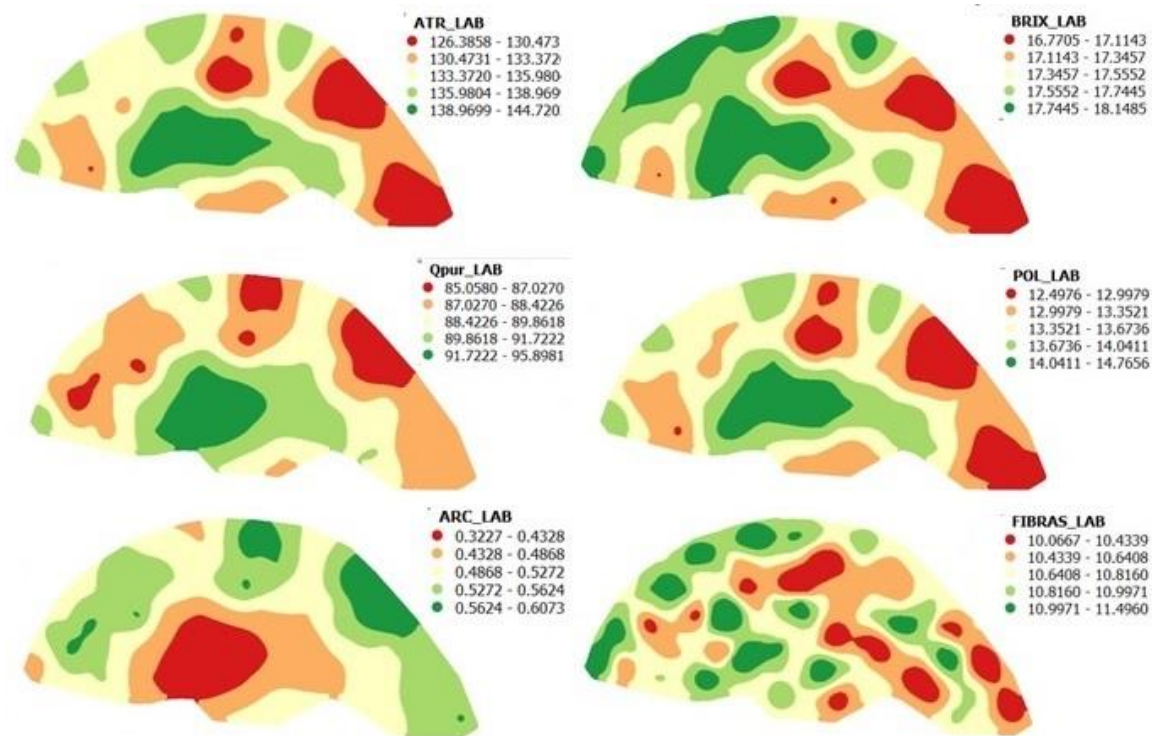
20
 21 TABELA 4. Componentes dos semivariogramas obtidos a partir da interpolação dos parâmetros qualitativos.

	ARC	ATR	Brix	Fibras	Pol	Pureza
Alcance (m)	186,5	136,6	86,5	59,1	142,1	185,5
Patamar	0,008	52,550	0,464	0,305	0,681	9,260
Efeito Pepita	0,003	25,840	0,000	0,115	0,327	2,913
IDE	67,25	50,83	100,00	62,25	51,95	68,54
Modelo	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico
R²	0,1959	0,8567	0,6857	0,4442	0,8656	0,1720
RMSE	0,0018	3,139	0,0564	0,0214	0,0373	2,12

22
 23 TABELA 5. Matriz de correlação entre os parâmetros analisados na amostragem georreferenciada.

	Brix	Pureza	Fibras	Pol	ARC	ATR
Brix	1,00					
Pureza	0,56	1,00				
Fibras	0,41	0,25	1,00			
Pol	0,89	0,85	0,24	1,00		
ARC	-0,58	-1,00	-0,30	-0,86	1,00	
ATR	0,91	0,83	0,23	1,00	-0,83	1,00

1 Em um talhão de 16 ha foi encontrado um coeficiente de variação na qualidade maior que 5%, o que
 2 pode justificar um gerenciamento localizado da lavoura. Os mapas mostram que o Pol foi mais eficaz que o
 3 Brix para indicar o ATR no talhão (Figura 5). Nota-se um local do talhão onde o Brix é alto, mas a pureza é
 4 baixa, resultando em um ATR médio. Esse fato evidencia a importância do Pol para a determinação da
 5 qualidade da cultura. O mapa do teor de fibras não apresenta relação com os mapas dos demais atributos.
 6 Portanto, considerando o teor de fibras como o atributo limitante à análise de dependência espacial dos
 7 parâmetros qualitativos da cultura, devido ao menor alcance (59,1m), e mapeamento dos mesmos no talhão,
 8 conclui-se ser necessário a coleta de quatro amostras por hectare (MULLA e McBRATNEY, 2000), número
 9 superior ao determinado por Varella et al. (2012), para mapeamento de Brix.
 10



11
 12 FIGURA 51. Mapas dos parâmetros de qualidade analisados – ATR, Brix, Pol, Pureza, ARC e Teor de
 13 Fibras.
 14

15 CONCLUSÃO

16 Foram observadas diferenças significativas no teor de qualidade ao longo do colmo, principalmente
 17 em plantas menos maduras. Notou-se que os segmentos mais ao topo destacam melhor as diferenças de
 18 qualidade entre as plantas. No entanto, identificou-se que a melhor forma de expressar o potencial qualitativo
 19 da cultura é por meio da análise de amostras de colmo inteiro. Os parâmetros qualitativos apresentaram elevada
 20 dependência espacial, exceto o teor de fibras, sendo mais elevado para Brix em relação aos demais. Além
 21 disso, os semivariogramas sugerem que quatro amostras por hectare seriam suficientes para um mapeamento
 22 eficiente da qualidade da cana-de-açúcar.
 23

24 **AGRADECIMENTOS:** ao CNPq pela concessão da bolsa, à empresa VERION, na pessoa do Eng. Agr. Franz
 25 Pavlu, por todo o apoio e a toda a equipe da empresa Raizen, na pessoa do Eng. Agr. Pedro Lian Demétrio
 26 Barbieri Castanho, pela ajuda com as informações e coleta das amostras.
 27

28 REFERÊNCIAS

29
 30 BRAMLEY, R.G.V. Lessons from nearly 20 years of Precision Agriculture research, development, and adoption
 31 as a guide to its appropriate application. **Crop and pasture Science**, v.60, p.197-217, 2009.
 32 BRAMLEY, R.G.V.; PANITZ, J.H.; JENSEN, T.; BAILLIE, C. Within block spatial variation in CCS - another
 33 potentially important consideration in the application of precision agriculture to sugarcane production In:
 34 **ANNUAL CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS**.
 35 Melbourne, Proceedings... Melbourne: Australian Society of Sugar Cane Technologists, v. 34p. 463-470, 2012.
 36 BRAMLEY, R.G.V.; WHELAN, B.M. Mixed fortunes in crop quality sensing. In: **15TH PRECISION**

1 **AGRICULTURE SYMPOSIUM IN AUSTRALASIA**, 5-6 September 2012. Proceedings... SPAA / University
2 of Sydney. Mildura, Australia, p. 22-26, 2012.

3 CONSECANA – CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO
4 ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**. CONSECANA-SP, Piracicaba, 5ª ed., 200 p., 2006.

5 MEDEMA, D.J.; VAN BERGEIJK, J. Spatial variability of sugar beet yield and quality in relation to several soil
6 properties. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE**, 5., 2000.
7 Bloomington (USA). Proceedings.. Bloomington (USA). B: ASA/CSSA/SSSA, 2000. 1 CDR0M.

8 MULLA, D.J.; McBRATNEY, A.B. Soil spatial variability. In: SUMNER, M. E. **Handbook of soil**
9 **science**. Boca Raton: CRC Press, p.321-352, 2000.

10 SANTOS, F.A.; QUEIRÓZ, J.D.; COLODETTE, J.L.; FERNANDES, S.A.; GUIMARÃES, V.M.; REZENDE,
11 S.T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, São Paulo, v.35, n.5, p.1004-
12 1010, 2012.

13 SCARPARI, M.S.; BEAUCLAIR, E.G.F. Variação Espaço-temporal do Índice de Área Foliar e do Brix em Cana-
14 de-Açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.35-41, 2008.

15 VARELLA, C.A.A.; BARROS, V.R.; BAESSO, M.M. Mapeamento da variabilidade Espacial do Brix em cana-
16 de-Açúcar. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.20 n.2, p. 112-117 março / abril ,2012.

17 WHELAN, B.M.; MCBRATNEY, A.B; MINASNY, B. Vesper 1.5 – spatial prediction software for precision
18 agriculture. In: ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. (Ed.). Precision Agriculture. **6th International**
19 **Conference on Precision Agriculture**, 6., 2002. Madison, Wisconsin: Proceedings ... Madison,
20 Wisconsin:ASA/CSSA/SSSA, 14p., 2002.