

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**VITIVINICULTURA DE PRECISÃO APLICADA A  
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE UVA *PINOT NOIR* NO  
RIO GRANDE DO SUL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Katia Zardo**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**VITIVINICULTURA DE PRECISÃO APLICADA A PRODUÇÃO  
E QUALIDADE DE UVA *PINOT NOIR* NO  
RIO GRANDE DO SUL**

**por**

**Katia Zardo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Telmo Jorge Carneiro Amado**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**Zardo, Katia, 1978-**

**Z36v**

Vitivinicultura de precisão aplicada a produção e qualidade da uva *Pinot Noir* no Rio Grande do Sul / por Katia Zardo ; orientador Telmo Jorge Carneiro Amado. - Santa Maria, 2009.

97 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2009.

1. Engenharia agrícola 2. Vitivinicultura de precisão 3. Variabilidade espacial 4. *Pinot Noir* 5. Uvas viníferas 6. Vinhedos I. Amado, Telmo Jorge Carneiro II. Título

CDU: 663.2:004.4

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Katia Zardo. A reprodução de partes todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do Endereço: Rua Coronel Niederauer, n. 1081, Bairro Centro, Santa Maria, RS, 9120. End. Eletr: [katiazardo@hotmail.com](mailto:katiazardo@hotmail.com)

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**VITIVINICULTURA DE PRECISÃO APLICADA A PRODUÇÃO E  
QUALIDADE DE UVA *PINOT NOIR* NO RIO GRANDE DO SUL**

Elaborada por  
**Katia Zardo**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Agrícola**

**Comissão Examinadora**

**Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Flávio Luiz Foletto Eitz, PhD. – (UFSM)**  
(Membro)

**Reges Durigon, Dr. – (UFSM)**

Santa Maria, 26 de março de 2009.

## **Dedico**

A DEUS, e aos amigos da luz,  
pela vida, pela minha família e por me guiarem em todos os momentos da minha da  
minha vida.

A meus pais NELSON e NAIR, simplesmente por serem meus pais, por terem me  
dado à vida e me ensinado o verdadeiro sentido do amor e por minha formação  
profissional.

A meus irmãos RÓBER e NADIA, meus melhores amigos, companheiros e  
conselheiros, pessoas em quem confio cegamente a minha vida.

A minha sobrinha GISELE, pela amizade, apoio e amor.

A minhas tias IZA e NIDE, pelo incentivo em todas as minhas realizações e grande  
amor.

Jamais teria conseguido realizar este trabalho sem o apoio de vocês!

## AGRADECIMENTOS

Seria no mínimo injusto não começar agradecendo a Deus, pela proteção, pela luz e pelo cuidado despendido. A ele dedico não só este trabalho, mas minha vida, pois em verdade, tudo pertence e vêm dele, e lamentar-me de qualquer coisa seria de ingratidão extrema, pois sempre obtive sucesso em meus projetos de vida, e certamente não fora por acaso. Que Deus continue em minha vida para sempre, exercendo as suas vontades, guiando meus passos e acompanhando-me em cada etapa, zelando por mim e por todos à minha volta.

À minha família, minha base, meu alicerce, meu porto seguro, meu espelho. Talvez apenas dissertando sobre ela não consiga expressar o bastante, o necessário para dizer o quanto é importante para mim e o quanto os amo. Agradeço a Deus diariamente por ter posto ao meu lado pessoas como estas, simplesmente maravilhosas. Obrigado Pai, Mãe, Nadia, Róber, Gi, tia Iza, tia Nide, Nego e Jeni por todo apoio e incentivo, pelo amor incondicional, pelas inúmeras vezes que, mesmo com vontade de me pedir que voltasse, o que se ouvia era motivação e encorajamento, afinal, valeria a pena e eles sabiam disso. Enfim obrigado por tudo, é confortante saber que a qualquer hora e por qualquer razão eu terei sempre vocês ao meu lado.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao CNPq, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação e concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Telmo Jorge Carneiro Amado, Flávio Foletto Eltz e Reges Durigon, pela confiança, orientação e ensinamentos, a mim dedicados.

A amiga Joelma D. Fagundes que sempre esteve do meu lado, principalmente na reta final auxiliando, nos momentos importantes e decisivos, enfim por sua amizade, amor, companheirismo, apoio, incentivo e força no decorrer destes 2 anos da minha permanência em Santa Maria.

A amiga Fabiana Dornelles e seus pais Vanda e Zé, pela amizade, apoio, carinho e pela ajuda na realização das análises do trabalho.

Também, estendo meus agradecimentos às demais amigas, Raquel, Juliara, Priscila, Prescila, Taise, Daiane. Foram tempos inesquecíveis e que fizeram nascer amizades que perdurarão por toda a vida. Com vocês percebi que amizade não é simplesmente rir por vez ou outra, é cumplicidade, é companheirismo, é sentir como que por um irmão a necessidade de proteger, de cuidar, de querer o melhor. Enfim, vocês foram e serão insubstituíveis e sempre haverá um lugar guardado onde eu estiver. Obrigado também a todos os amigos que fiz aqui nestes 2 anos, quantas festas, risadas, quantas lágrimas. Aos amigos Paolo, Casiane e Elizandra, eternos amigos, que mesmo de longe sempre proferiram palavras de apoios e amizade.

À vinícola MOËT HENNESSY DO BRASIL, especialmente ao Eugenio e ao Rodimar e sua família Nilena, Luiz Henrique e Ana Julia, que colaboraram muito com o projeto, contribuindo para a aprendizagem.

A EMBRAPA Clima Temperado, em especial ao Miura, Andréia, Vanessa e Marlon e aos demais colegas do Laboratório de Geoprocessamento, pela confiança e apoio na implantação do projeto.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Conservação do Solo da UFSM, em especial ao Finamor e a Janice, pelo apoio e ensinamentos nas realizações das análises de solo. E aos funcionários da secretaria, em especial ao Luiz pela presteza, atenção e amizade.

Belo tempo, o da vindima!  
De cestos, dornas e escada,  
De enforcados em latada,  
Pelos Carretos acima.

À noite, o “bordão e a prima”;  
Caninha Verde bailada,  
Nas pisas de lagarada,  
Entre uvas de rima em rima.

Negra como o inferno a adega!  
A candeia quase cega.  
Mas nos batia no rosto.

- “Olá João! Eh! António...”  
Eram sombras de demônio  
Em chamas de vinho mosto!

António Corrêa de Oliveira

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### VITIVINICULTURA DE PRECISÃO APLICADA A PRODUÇÃO E QUALIDADE DE UVA *PINOT NOIR* NO RIO GRANDE DO SUL.

AUTORA: Katia Zardo  
ORIENTADOR: Telmo Jorge Carneiro Amado  
Local de data da defesa: Santa Maria, 26 de março de 2009.

O uso da agricultura de precisão aplicada à vitivinicultura pode trazer benefícios à cultura da *vitis* e à cadeia produtiva, com reflexos na qualidade da uva e do vinho. O objetivo deste estudo foi aplicar a vitivinicultura de precisão, visando aprimorar a gestão e o manejo de áreas produtivas de uvas viníferas. O estudo foi conduzido em um vinhedo comercial, numa área de 2,4 ha, destinado à fabricação de espumantes situada às margens da RS/BR km 471, em Encruzilhada do Sul-RS. Na área predominam solos classificados como Argissolo Vermelho distrófico. A amostragem para fins de caracterização do solo foram realizadas na profundidade de 0-0,2m. Os atributos de solo determinados foram: pH, SMP, Argila, Ca, Mg, Al, N, MO, K e P, e os atributos de planta foram produtividade, ácido tartárico e potencial alcoólico usando uma malha de amostragem de 35 X 35 m. Os dados foram analisados através da técnica de interpolação geoestatística por krigagem. Os dados de rendimento e parâmetros enológicos foram obtidos por colheita manual em pontos georreferenciados. Os dados de uva foram coletados durante a colheita nas safras 2007 e 2008. Os dados de solo e de planta foram submetidos à análise estatística básica e geoestatística. A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo na área comportou-se de forma distinta de acordo com o nutriente avaliado. O pH apresentou variabilidade baixa, a Argila, o Ca, o Mg, e o N, o apresentaram variabilidade média enquanto que a MO, o K e o P, a variabilidade encontrada foi alta, e para o Al muito alta. Na safra 2007, o ácido tartárico e o potencial alcoólico apresentaram variabilidade baixa, o número de cachos por planta e o peso por cacho apresentaram variabilidade média enquanto que o peso por planta apresentou variabilidade alta. Na safra 2008, o potencial alcoólico apresentou variabilidade baixa, enquanto que o ácido tartárico, o número de cachos por planta, o peso por planta, o peso por cacho e o número de gemas apresentaram variabilidade média. A malha de amostragem de 35X35m se mostrou adequado para os atributos de solo com exceção da argila, que obteve uma distância de alcance de 30,06m. Na safra 2007 o potencial alcoólico foi o atributo de planta que apresentou menor alcance na área, de 18,42 m. Na safra 2008, todos os atributos de planta estudados apresentaram alcance inferior a 35 m. A análise da correlação se revelou significativa entre o nitrogênio e o potencial alcoólico na safra 2007. Na safra 2008, o fósforo e o potássio mostraram correlação significativa com o potencial alcoólico. A comparação da demanda de aplicação de fertilizantes a taxa variada, com a aplicação à taxa fixa de calcário, fósforo e potássio foi feita com base na amostragem de solo. No caso do calcário observou-se uma economia de 700 kg do mesmo com aplicação a taxa variada, o mesmo não foi observado com o fósforo e com o potássio, que aumentaria a quantidade do produto caso fosse aplicado desta forma, isso se dá pelo fato dos teores dos mesmos no solo serem adequados. A adoção da vitivinicultura de precisão pode auxiliar o viticultor a conhecer melhor e mais detalhadamente a área produtiva, permitindo aprimorar a qualidade e quantidade do vinhedo.

**Palavras-chaves:** vitivinicultura de precisão, variabilidade espacial, *Pinot Noir*, uvas viníferas, vinhedos.

## ABSTRACT

Master of Science Dissertation  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### PRECISION VITIVINICULTURE APPLIED TO PRODUCTION AND QUALITY OF PINOT NOIR GRAPES IN RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Katia Zardo

ADVISOR: Telmo Jorge Carneiro Amado

Location and date of presentation: Santa Maria, March 26<sup>th</sup>, 2009.

Precision agriculture applied to vitiviniculture can bring several advantages to vitis crop production with positive effects on grape and wine quality. This study's objective was to put into practice precision viticulture, aiming to improve the administration and management of vinifera grapes. This research was carried out in a commercial vitis cropland with 2.4 ha located in Encruzilhada do Sul (RS) close to RS/BR km 471. In this area, sandy clay loam Paleudult soil prevails. Sampling for the purposes for soil characterisation was carried out in 0-0,2 m depth. The soil attributes determined were: pH, SOM, texture, Ca, Mg, Al, N, MO, K and P, and the plant attributes were: productivity, alcoholic potential and tartaric acid, using a 35 X 35m grid. Data were analyzed through geostatistics by interpolation technique of kriging. The data of yield and enological parameters were obtained by manual harvest in georeferenced points. Grape data were collected during the harvest in 2007 and 2008 seasons. Soil and plant data were submitted to statistical analysis and basic geostatistic. Spatial variability of soil chemical attributes in the area behaved in accordance with the nutrient evaluated. pH showed low variability, clay, Ca, Mg, and N, showed median variability while MO, P and K , a high variability was found, and for Al, very high. In 2007 harvest, tartaric acid and alcoholic potential showed low variability, number of bunches per plant and weight per bunch presented median variability while weight per plant showed high variability. In 2008 harvest, alcoholic potential showed low variability, while tartaric acid, number of bunches per plant, weight per plant, weight per bunch and number of gems showed median variability. The 35 X 35 m sampling grid has shown itself adequate for soil attributes excepting clay, which obtained a 30.06 m distance reach. In 2007 harvest, the alcoholic potential was the plant attribute that showed smaller reach in the area, 18.42 m. In 2008 harvest, all the plant attributes studied showed a below 35 m reach. The correlation analysis has revealed itself significant among nitrogen and alcoholic potential in 2007 harvest. In 2008 harvest, phosphorus and potassium showed significant correlation with alcoholic potential. The comparison of the demand for the application of fertilizer at varied rate, with application at steady rate of lime, phosphorus and potassium was based on the soil sampling. In the case of lime, there was a 700 kg saving of it with varied rate application, the same was not observed with phosphorus and potassium, which would increase the product quantity if implemented this way, this happens because the levels of them in the soil are appropriate. The adoption of precision viticulture can help the wine grower to know better and further the productive area, allowing to improve the quality and quantity of the vineyard.

**Key Words:** precision viticulture, Spatial variability, *Pinot noir*, wine grapes, vineyards.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classes de Produtividade e qualidade dos mapas de unidades de manejo do vinhedo .....	42
TABELA 2 – Resultados da análise estatística descritiva para os dados dos atributos químicos do solo. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 .....	48
TABELA 3 – Resultados da análise estatística descritiva para os dados de produtividade e parâmetros enológicos do mosto da uva <i>Pinot Noir</i> na safra 2007. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 .....	49
TABELA 4 – Resultados da análise estatística descritiva para os dados de produtividade e parâmetros enológicos do mosto da uva <i>Pinot Noir</i> na safra 2008. Encruzilhada do Sul, RS, 2008 .....	50
TABELA 5 – Interpretação de valores de pH em água, para pH de referencia da videira (pH 6,0) (CQFS, 2004), da condição em que se encontra a área em estudo, e da quantidade de calcário a ser aplicado baseado no critério do índice SMP, no município de Encruzilhada do sul, RS .....	57
TABELA 6 – Estimativa da quantidade de calcário a ser aplicado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem de solo .....	59
TABELA 7 – Interpretação do teor de potássio, conforme as classes de CTC do solo a pH 7,0, a condição da área, a classe de disponibilidade de potássio (CQFS, 2004), a porcentagem de ocorrências e a adequação da adubação da área em estudo, no município de Encruzilhada do Sul, RS .....	60
TABELA 8 - Interpretação de teores de Argila (CQFS, 2004), área em hectares e o percentual de área para área em estudo de Encruzilhada do sul, RS .....	61
TABELA 9 - Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1 (CQFS, 2004), conforme o teor de argila e as respectivas condições em que se encontra a área em estudo, e a quantidade a ser aplicado. Encruzilhada do Sul, RS .....	63
TABELA 10 – Parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados aos dados de variabilidade dos atributos químicos do solo do vinhedo “quadra porteira”. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 .....	66
TABELA 11 - Modelos e parâmetros de semivariogramas para os dados de produtividade e de parâmetros enológicos do mosto da uva <i>Pinot Noir</i> . Encruzilhada do Sul, RS, 2007- 2008 .....	67

TABELA 12 - Correlações entre os atributos químicos do solo e os atributos de planta (parâmetros enológicos e de produtividade). Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008 .....	72
TABELA 13 - Correlações entre os atributos químicos do solo e os atributos de planta (parâmetros enológicos e de produtividade). Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008 .....	75

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema da metodologia de amostragem em grades. Fonte: Adaptado de Shiratsuchi (2003) .....	24
FIGURA 2 – Semivariograma teórico. Fonte: Correa (2007).....	31
FIGURA 3 – Vista geral da propriedade com o vinhedo em semidetalhe. Plano de fundo: Imagem LANDSAT 5, Sensor ETM ano 2000. Fonte: Laboratório de geoprocessamento – Embrapa Clima Temperado.....	35
FIGURA 4 – Malha de amostragem do solo com os 19 pontos georreferenciados. Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008 .....	37
FIGURA 5 – Esquema da amostragem de solo por amostra georeferenciada, representada pelo círculo maior, composta por 5 sub-amostras, representadas pelos pontos verde no esquema, 4 localizadas a 5 m do ponto central e 1 no ponto central. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.....	38
FIGURA 6 – Malha de amostragem dos parâmetros de planta, resultando em 19 amostras. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 – 2008 .....	39
FIGURA 7 – Maceração das bagas e extração do mosto. Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008 .....	40
FIGURA 8 – Colheita, contagem e pesagem dos cachos. Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008 .....	41
FIGURA 9 – Classes de distribuição de frequência dos atributos químicos do solo, pH, argila, cálcio, magnésio, alumínio, nitrogênio, potássio e fósforo. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 .....	52
FIGURA 10 – Classes de distribuição de frequência dos atributos de planta, nas safras 2007, peso por cacho, peso por planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta e número de gemas. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 .....	53
FIGURA 11 – Mapas da distribuição espacial dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso de uva por planta e peso por cacho de uva na safra 2007. da área em estudo. Encruzilhada do Sul, RS. 2007 .....	54

FIGURA 12 – Classes de distribuição de freqüência dos atributos de planta, nas safras 2008, ácido tartárico, potencial alcoólico, peso por cacho, peso por planta, número de cachos por planta e número de gemas. Encruzilhada do Sul, RS, 2008 .....	55
FIGURA 13 – Mapas da distribuição espacial dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso de uva por planta, peso por cacho de uva e número de gemas por planta na safra 2008. da área em estudo. Encruzilhada do Sul, RS. 2008.....	56
FIGURA 14 Teores de pH no solo na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS .....	58
FIGURA 15 – Teores de potássio no solo na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS .....	60
FIGURA 16 – Teores de argila no solo na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS .....	62
FIGURA 17 – Teores de fósforo no solo na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS .....	64
FIGURA 18 – Semivariogramas dos atributos químicos do solo na quadra porteira. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.....	69
FIGURA 19 – Semivariogramas dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso por planta de uva, e peso por cacho de uva na safra 2007, da quadra porteira. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.....	70
FIGURA 20 – Semivariogramas dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso por planta de uva, e peso por cacho de uva e número de gemas por planta, na safra 2008, da quadra porteira. Encruzilhada do Sul, RS, 2008 .....	71

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1 – Tabelas com dados de precipitação (mm), temperaturas mínimas (°C) e temperaturas máximas (°C) nos meses de agosto, setembro e outubro de 2006. Encruzilhada do Sul, RS, 2006, 2007 e 2008.....	92
ANEXO 2 – Mapas de atributos químicos do solo da área em estudo. Encruzilhada do Sul, RS. 2007 .....	96

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>2.1 A vitivinicultura e o espumante</b> .....	18
2.1.1 Variedade <i>Pinot noir</i> .....	20
<b>2.2 Vitivinicultura de Precisão</b> .....	21
<b>2.3 Amostragem georeferenciada</b> .....	23
<b>2.4 Sistema de Informação Geográfica</b> .....	24
<b>2.5 Georreferenciamento</b> .....	26
<b>2.6 Mapas temáticos</b> .....	26
<b>2.7 Variabilidade Espacial</b> .....	28
<b>2.8 Geoestatística</b> .....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	34
<b>3.1 Caracterização da propriedade</b> .....	34
<b>3.2 Georreferenciamento da área</b> .....	36
<b>3.3 Determinação de atributos químicos do solo</b> .....	36
<b>3.4 Determinação dos atributos enológicos do mosto e produtividade da uva</b> .....	38
<b>3.5 Determinação das unidades de manejo do vinhedo</b> .....	41
<b>3.6 Armazenamento e gerenciamento dos dados</b> .....	42
<b>3.7 Análise geoestatística e correlações dos modelos digitais para os atributos de solo e de planta</b> .....	42
<b>3.8 Dados meteorológicos</b> .....	43
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>4.1 Análise dos dados climáticos</b> .....	45
<b>4.2 Análise descritiva dos atributos químicos do solo e de planta</b> .....	46
<b>4.3 Dependência espacial dos atributos do solo e de planta</b> .....	64
<b>4.4 Correlação entre os atributos químicos do solo e produtividade e parâmetros enológicos da uva</b> .....	71

<b>4.5 Correlação entre as safras 2007 e 2008, dos atributos de produtividade e dos parâmetros enológicos.....</b>	<b>73</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>77</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção vitícola tem posição de destaque na agricultura brasileira, ocupando uma área de 63.816 hectares, 50% dos quais cultivados no Estado do Rio Grande do Sul, o que o torna o principal produtor de uva do país (MELLO, 2008). Na última década, o setor vitivinícola brasileiro tem se destacado no mercado interno e externo, devido à excelência de seus produtos. Um exemplo disso é o espumante, que tem conquistado numerosas premiações em diversos concursos e avaliações internacionais (ABE, 2006; SATO, 2006). Com vistas à expansão do setor vitivinícola brasileiro, muitas empresas têm investido no aumento da produção de vinhos e na busca de novas áreas propícias para implantação de vinhedos.

Em função do aumento da produção e, conseqüentemente, da concorrência do mercado atual de espumantes, busca-se atingir patamares cada vez mais altos de qualidade na produção de uva vinífera. Para tanto, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para atender as exigências dos mercados nacional e internacional. De acordo com Médel (2005), para que os espumantes alcancem essa qualidade, deve-se desenvolver uma vitivinicultura de qualidade, através de um acompanhamento permanente do sistema de produção de um vinhedo. A qualidade esperada da uva vinífera depende, dentre outros elementos, do manejo aplicado ao vinhedo (solo, plantas) e das condições climáticas locais.

Um dos problemas enfrentados pelas vinícolas está relacionado ao manejo do vinhedo, realizado de forma homogênea, sem considerar a variabilidade e a existência de sítios específicos (ESSER; ORTEGA BLU, 2002). Localizar essas áreas específicas permite ajustar o manejo, de acordo com a necessidade do sítio, de forma precisa em cada ponto, otimizando o manejo, melhorando a qualidade da uva e incrementando o rendimento da videira (SORT; UBALDE, 2005).

A elevada variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, da produtividade e dos parâmetros enológicos, como o potencial alcoólico e os gramas de ácido tartárico existentes em um vinhedo, justifica a utilização da vitivinicultura de

precisão, podendo incrementar a eficiência da produtividade e melhorar a qualidade do mosto da uva, quando comparada ao manejo tradicional.

A hipótese deste trabalho foi testar a aplicação da vitivinicultura de precisão orientada pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG), para maximizar o potencial do vinhedo, incrementando a eficiência da utilização de insumos e melhorando a qualidade final das uvas. O SIG permite a coleta de dados detalhados sobre a fertilidade do solo, relacionando-os à produção e aos parâmetros enológicos de qualidade, como o potencial alcoólico e o ácido tartárico, com a finalidade de orientar o vitivinicultor na tomada de decisões que o auxiliem no manejo de cada sítio específico do vinhedo.

O presente estudo tem por objetivo, então, aplicar a vitivinicultura de precisão, visando aprimorar a gestão e o manejo de solo e de planta, em áreas produtivas de uvas viníferas. A exequibilidade desse manejo foi testada em um vinhedo comercial, destinado à fabricação de espumantes, por meio da geração e da análise de mapas específicos de fertilidade do solo, da produtividade das vinhas e dos principais parâmetros enológicos, como o potencial alcoólico e a percentagem de ácido tartárico do mosto.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Dimensionar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo, a produtividade das plantas e os parâmetros enológicos, tais como o potencial alcoólico e a percentagem de ácido tartárico do mosto da uva;
- Elaborar mapas temáticos de produtividade, do potencial alcoólico e da percentagem de ácido tartárico do mosto, bem como dos atributos químicos do solo;
- Determinar as correlações entre os mapas de produtividade, o potencial alcoólico e a percentagem de ácido tartárico do mosto com os atributos químicos do solo; e,
- Identificar a variabilidade de atributos de solo e planta existentes no vinhedo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A vitivinicultura e o espumante

Um marco referencial, no sentido de promover melhorias na estrutura vitícola brasileira, é registrado a partir de meados da década de 80, quando começaram a ocorrer com maior intensidade investimentos, na implantação e/ou na modernização das vinícolas (PROTAS, 2008). Verifica-se, nos últimos anos, o surgimento de uma nova viticultura, com forte base tecnológica e enfoque na produção de uvas de variedades de *Vitis vinifera*, as quais atingem índices de maturação que permitem fornecer matéria prima para a elaboração de vinhos diferenciados por sua intensa coloração, sua definição aromática e seu equilíbrio gustativo (ROSIER, 2003).

A vitivinicultura vem apresentando um gradual aumento no volume de produção e comercialização de vinhos finos. Devido a essas novas perspectivas, o setor vem se adaptando à utilização de novas tecnologias aplicadas ao cultivo de uvas viníferas, com a finalidade de melhorar a qualidade dessas uvas, de forma a manter o padrão de qualidade exigido nos vinhos finos (MORAES, 2003).

A vitivinicultura brasileira evoluiu nas duas últimas décadas, e, atualmente, produz vinhos de boa qualidade com vínculo regional, reconhecido por meio das Indicações Geográficas, que estão sendo implementadas, as quais garantem a origem, a qualidade e as características regionais de um produto (ORTEGA; JEZIORNY, 2008). Nesse sentido, Tonietto (2003) e Baglietto (2003) consideraram que as indicações geográficas de um vinho são importantes para o desenvolvimento da viticultura brasileira e mencionaram que os vinhos com esta indicação se destacam dos demais junto ao mercado consumidor, tal como ocorre nos países europeus com tradição na vitivinicultura e também nos países com recente histórico vitivinícola.

Sabe-se que a qualidade da uva é o resultado da interação de vários fatores, como o clima, o sítio ou a topografia local, o solo e a geologia, a cultivar escolhida e as práticas de manejo adotadas na produção (VAUDOR, 2002). Contudo, é difícil definir a contribuição exata de cada um, devido à complexidade de suas inter-relações (JONES et al., 2004). O clima exerce efeito determinante em escala regional, mas na escala local outros aspectos físicos assumem grande importância, como, por exemplo, o solo e o manejo. Por tal razão, ações ou políticas que busquem orientar a atividade, no sentido da obtenção de produtos distintos em características e tipicidade, devem necessariamente contemplar levantamentos do solo.

Atualmente, a disponibilidade de tecnologias como GPS e SIG abrem novas possibilidades para o aperfeiçoamento dos mapeamentos de solo. Elas podem ser utilizadas no apoio às diferentes fases do levantamento, contribuindo para acelerar e objetivar a coleta de dados em campo, melhorar a precisão na delimitação das unidades de mapeamento, facilitar a disponibilização do produto final e potencializar os usos e aplicações dos resultados (HEMPEL, et al., 2006).

Gómez-Miguel (2003) afirmou que a produção de vinhos de alta qualidade é resultante do “*terroir*”, ou seja, de extensões limitadas de terras próprias ao uso agrícola, particularmente à produção vitícola, podendo também serem consideradas nesta conceituação as peculiaridades geográficas existentes entre uma região e outra, como as condições climáticas, geológicas, de solo, de relevo, do homem, entre outros. As interações entre o meio e as atividades humanas compõem um sistema complexo, cuja importância relativa dos elementos não pode ser considerada por definitivo (GÓMEZ-MIGUEL, 2003). O Rio Grande do Sul possui o *terroir* ideal para a produção de uvas viníferas, destinadas à fabricação de espumantes, equiparando-se ao *terroir* de regiões viníferas encontradas em países reconhecidos mundialmente por seus espumantes, como a região de Champagne, na França. Porém, este mesmo fator costuma comprometer a maturação ideal das uvas para a produção de vinhos tranquilos, razão pela qual o Brasil não consegue o mesmo reconhecimento de qualidade por seus vinhos brancos e tintos, o que tem levado muitas vinícolas brasileiras à especialização cada vez maior na fabricação de espumantes (ABE, 2006).

De acordo com Lovatel (2002), os vinhos brasileiros estão classificados em dois níveis de qualidade: os vinhos de mesa e os finos, sendo que os vinhos finos são produzidos com as uvas de origem européia, as *vitis viníferas*, que agregam maior valor unitário. Os vinhos produzidos com as *vitis viníferas* são vinhos de qualidade superior, dentre os quais se salienta o espumante. Entre os fatores determinantes da qualidade, destacam-se a variedade, as condições ambientais e a tecnologia aplicada na produção do vinho (CAMARGO, 2003).

Conforme Ferrer et al. (2003), a influência do clima é determinante, durante todo o ciclo da videira, atuando sobre a fisiologia da planta, sobre o desenvolvimento de pragas e doenças e sobre a maturação das uvas. Os meses com maior influência para o cultivo de uvas viníferas, quando se objetiva a elaboração de espumantes, são dezembro, janeiro e fevereiro. Durante este período, a precipitação pluviométrica é bastante elevada durante o dia, o que reduz o período de insolação, e, ao mesmo tempo, as noites são frescas, com temperaturas noturnas abaixo dos 20°C. Estes dois fatores proporcionam que as uvas tenham uma maturação lenta e favorável à formação de aromas extremamente finos e delicados, fatores essenciais para a qualidade dos espumantes, caracterizando perfeitamente as uvas destinadas a espumatação (ABE, 2006). As condições climáticas de Encruzilhada do Sul/RS são favoráveis para produção de uvas destinadas à fabricação de espumantes, uma vez que a cidade possui temperaturas baixas, nos meses do repouso vegetativo (junho, julho e agosto), e na fase da colheita apresenta dias quentes e noites mais amenas, o que auxilia na concentração dos componentes do mosto.

### 2.1.1 Variedade *Pinot noir*

Bastante conhecida pelos enólogos na produção de espumante, esta variedade possui características de ciclo curto, com brotação e maturação precoce, o que determina uma aceleração da maturação da uva (ROQUETE-JALMAR, 2003). Segundo Tébar (2007), o interesse em uma variedade se concentra basicamente nas características e na qualidade do mosto e, conseqüentemente, do vinho. A *Pinot noir* caracteriza-se, pois, por alta sensibilidade a períodos de estiagem e pela necessidade de uma mesoclima ideal para expressar sua potencialidade enológica.

## 2.2 Vitivinicultura de Precisão

Nas últimas décadas, a agricultura vem passando por uma histórica transformação tecnológica, que se apresenta pela mecanização de processos, pela utilização de insumos químicos, pelo sistema de semeadura direta, pela biotecnologia e, por fim, pela agricultura de precisão (SANTI, 2007). Neste contexto, surge a agricultura de precisão como um conjunto de tecnologias avançadas, que possibilita o gerenciamento localizado das culturas, com o objetivo de monitorar a variabilidade espacial das culturas, visando à otimização da produção agrícola, à minimização do impacto ambiental provocado pela utilização de insumos agrícolas, à preservação ambiental e à redução dos custos de produção (BALASTREIRE, 2003). A agricultura de precisão envolve tecnologias de sistemas de posicionamento global (GPS), sistemas informatizados de coleta de dados e programas para tratamento e mapeamento de dados (SIG) (SILVA, 2005).

Segundo Dellamea (2008), a agricultura de precisão (AP) não é nova, ela já vinha sendo praticada, nos primórdios da agricultura, quando predominava uma agricultura familiar, explorada em pequenas áreas. Nesta época, devido ao trabalho manual na agricultura, era possível aos agricultores conhecer o desenvolvimento de sua lavoura, em cada sítio específico, e observar a variabilidade espacial das propriedades dos solos e seus efeitos, no desenvolvimento e na produção das culturas. Posteriormente, com a mecanização da agricultura, passou-se a manejar economicamente as culturas em grandes áreas, com a aplicação uniforme de insumos.

A agricultura convencional é considerada uma agricultura pela média, uma vez que todo o controle de entradas e saídas na propriedade é feito com base em uma média. Ou seja, com base em apenas um resultado, define-se a quantidade de insumos a ser aplicado na propriedade como um todo (MOLIN, 2001).

Segundo Dellamea (2008), as grandes propriedades agrícolas brasileiras são as que estão mais aptas a receber as avançadas tecnologias de agricultura de precisão, devido ao elevado dispêndio de recursos necessários para tal. Porém, a filosofia da AP pode ser adotada em qualquer tamanho de área, pois sabe-se que a variabilidade em lavouras de pequeno porte também existe, podendo manifestar-se

de maneira mais acentuada, devido ao tipo de manejo adotado. Neste contexto, entra a fruticultura como forte potencial para adoção da agricultura de precisão.

Segundo Balastreire (2000), a agricultura de precisão considera a variabilidade espacial dos fatores de produção, como os tipos de solos, a fertilidade, a produtividade, entre outros, o que permite a utilização de insumos agrícolas, a fim de reduzir a quantidade necessária para determinado nível de produtividade. Esta variabilidade é determinada por fatores intrínsecos ou próprios do lugar de produção, como clima, topografia e tipo de solo, bem como por fatores extrínsecos, como a irrigação, a fertilização e outros manejos. Na maioria dos casos, o manejo vitícola é espacialmente uniforme e não considera a heterogeneidade dos fatores necessários à produção (BRANCADORO et al., 2005). Neste contexto, a vitivinicultura de precisão poderia ser definida como o uso de tecnologias de informação para a tomada de decisões econômica e ambientalmente adequadas para a produção vitícola de qualidade, tendendo ao desenvolvimento de aplicação de manejos diferenciados para cada sítio específico, por considerar a variabilidade existente no vinhedo.

De acordo com Morris (2001), a vitivinicultura de precisão, apesar de estar recém desapontando neste setor, já é considerada o sistema vitivinícola do futuro. Tisseyre e Taylor (2008) concluíram que, apesar de ser tecnologia atual, muitas pesquisas sobre o tema já existem em praticamente todas as importantes regiões de produção de vinho no mundo. Entretanto, esta tecnologia somente será útil, à medida que permitir ao vitivicultor produzir uniformemente uvas de alta qualidade, para a fabricação de vinhos finos. Segundo Esser (2002), a vitivinicultura de precisão surgiu em países inovadores em desenvolvimento tecnológico, como é o caso da Austrália e dos Estados Unidos, onde os sistemas alcançaram resultados promissores e a adoção do mesmo tem sido aplicada com êxito.

Para Vercesi (2004), a magnitude da variabilidade espacial de um vinhedo é importante por constituir o ponto de partida para adoção de um manejo diferenciado. Esta variabilidade é representada através de mapas georreferenciados. Da mesma maneira que se quantifica a variabilidade em rendimento e qualidade de uva, é possível determinar o estado nutricional do vinhedo. Neste sentido, Siverio (2005) relatou que a forma mais comum de realizar um diagnóstico de fertilidade é através de uma análise de solo ou análise foliar.

Conforme Dosso e Zpesia (2006), a grande finalidade da vitivinicultura de precisão baseia-se no fato de que muitos dos fatores que determinam o rendimento e a qualidade dos cultivos são variáveis no tempo e no espaço, de modo que as decisões de manejo devem ser tomadas no local e no tempo específico.

Molin (2002a) cita que o correto monitoramento da coleta de dados da variabilidade espacial é a etapa mais importante para a implementação do sistema, permitindo a geração de mapas de produtividade detalhados. Para Mattoso et al. (2004), os mapas de produtividade demonstram a variabilidade espacial existente na área, por representar de forma georeferenciada a produtividade das lavouras.

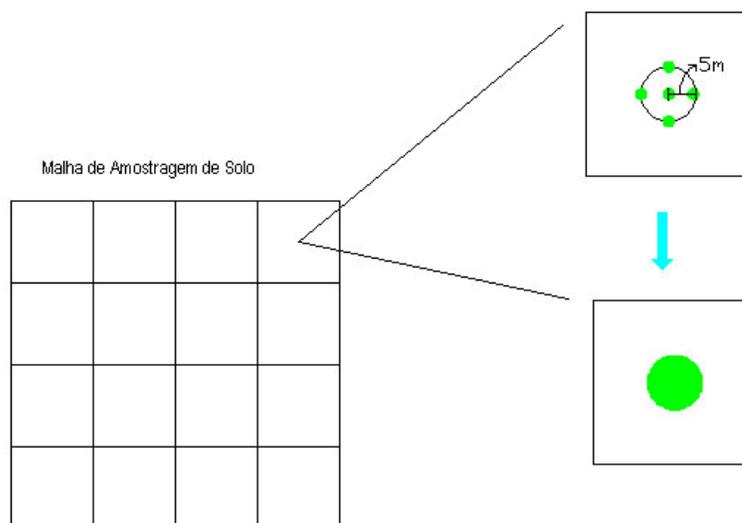
Farias et al. (2003) relata que a produtividade varia espacialmente, e essa variação é o desafio que deve ser estudado através de técnicas de geoestatística, para possibilitar a elaboração dos mapas e delimitar áreas que necessitam manejo diferenciado. A produtividade é uma das mensurações mais importantes, visando auxiliar o produtor nas tomadas de decisões, sejam elas comerciais ou operacionais (Triboni et al., 2004).

### **2.3 Amostragem georeferenciada**

Uma amostragem georeferenciada consiste em determinar os pontos de amostragem, por meio de um plano estatístico e do uso de ferramentas de um SIG. O primeiro passo é demarcar o perímetro da área de interesse por meio de um GPS; depois, define-se a técnica e a densidade de amostragem. A amostragem do solo em "grid" tem demonstrado ser o método mais eficiente para avaliar a variabilidade espacial da fertilidade do solo (FRIDGEN et al., 2000), sendo amplamente recomendada e utilizada pelos usuários da tecnologia da agricultura de precisão.

Amostragens em malhas fornecem detalhes da variabilidade espacial de solo e planta, porém, com custos mais elevados, quando comparados aos esquemas amostrais menos densos (GROENIGEN, 1999). Portanto, é preciso aliar um número mínimo de pontos amostrados com uma máxima representação do local amostrado (mínima variância), otimizando o esquema de amostragem e reduzindo os custos (MONTANARI et al., 2005).

Conforme Montanari et al., (2005), esse método de amostragem consiste na divisão da área agrícola em quadrículas, gerando uma grade georeferenciada, onde são feitas as amostragens (Figura 1). Essa metodologia é demorada, trabalhosa e cara, porém a sua resolução e confiabilidade compensam a técnica (LUTMAN; PERRY, 1999).



**Figura 1 - Esquema da metodologia de amostragem em grades. Fonte: Adaptado de Shiratsuchi (2003)**

Neste mesmo contexto, Menegatti; Molin (2004) relataram que, de posse de todas as informações obtidas a partir da amostragem, parte-se para o tratamento direcionado da fertilidade do solo, aplicando corretivos e fertilizantes a taxas variáveis, buscando solucionar problemas que podem vir a depreciar a qualidade e a produtividade do pomar, por falta ou excesso de nutrientes essenciais.

## **2.4 Sistema de Informação Geográfica**

O gerenciamento de informações geográficas teve início na metade do século XVIII, quando, a partir da cartografia, foram produzidos os primeiros mapas com precisão. Para o processamento dos dados coletados, os aplicativos mais usados são os sistemas de informações geográficas, denominados de “SIG” (PIROLI et al.,

2002). Tei (1995) citado por Filho e Lochpe (1996) definiram SIG como “conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas, perfeitamente integrados de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação”. Vettorato (2003) aponta que, na área agrícola, um SIG se torna necessário para a confecção de mapas, sendo uma importante ferramenta no planejamento e no manejo das propriedades que adotam a agricultura de precisão.

Guimarães (2004) relatou que os dados coletados são minuciosamente elaborados por meio do SIG, que entende o fenômeno estudado de forma a simplificar a realidade, correlacionando fatores e facilitando a tomada de decisões. Queiroz et al. (2002) acrescentaram que o SIG é “qualquer sistema computacional para entrada, armazenamento, tratamento e apresentação de dados geograficamente referenciados”. Para Assad e Sand (1998), o SIG permite análises completas de dados de diversas fontes, criando banco de dados georreferenciados, tornando possível ainda a produção de documentos cartográficos.

Miranda et al. (1996) afirmaram a importância do SIG para a agricultura de precisão, na etapa de processamento de dados georreferenciados, concluindo que a apresentação gráfica dos mesmos permite que diferentes parâmetros, com mesma posição geográfica, sejam armazenados, visualizados e processados em diferentes camadas. O potencial do SIG, na agricultura, baseia-se em fazer a integração dos vários tipos de informações necessárias para o gerenciamento e o controle da produção agrícola, bem como a integração de sua tecnologia com outras, o que possibilita um aumento da produção, quase que simultaneamente com a redução da degradação ambiental (DAINASE et al., 2004).

O SIG tem como essência concentrar dados de diferentes fontes de um mesmo local. Estes dados integrados contribuem para a tomada de decisão, pois são embasados num conjunto de informações de determinado local (SCOTT; RANDY, 2000). Com este aplicativo, é possível armazenar, analisar e localizar espacialmente dados georreferenciados (PIROLI et al., 2002). Além disso, seu uso permite elaborar mapas de dados já processados (MELLO et al., 2006).

Ao avaliar os mapas, deve-se ter conhecimento do histórico e da situação da área tratada, como os problemas de colheita, de plantio, entre outros. O que se

pretende, ao utilizar um SIG, é dar um suporte à tomada de decisões, para o gerenciamento da propriedade (MANZIONE, 2002).

## **2.5 Georreferenciamento**

A localização precisa de pontos, na superfície terrestre, é determinada por sistemas de coordenadas, geográficas ou planas, e pode ser gerada com o auxílio de um aparelho receptor de GPS (Global Positioning System) (KNOB, 2006). Segundo Molin (2002a), o surgimento do GPS, com a disponibilização de sinal para georreferenciamento pelo Departamento de Defesa Americano para uso civil, abriu novos horizontes para a agricultura. Castro (2004) relata que o uso do GPS está sendo amplamente difundido para o acompanhamento da lavoura, como no mapeamento da produtividade, na amostragem de solos, na ocorrência de pragas, entre outros.

A posição de um determinado ponto obtido pelo GPS se dá por meio da triangulação dos satélites, ou seja, consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites. Do ponto de vista geométrico, apenas três distâncias, desde que não pertencentes ao mesmo plano, seriam suficientes, porém não seriam confiáveis. A quarta medida é necessária em razão da confiabilidade dos dados coletados (MONICO, 2000).

Para a agricultura de precisão, é primordial o dinamismo das informações georeferenciadas, pois são elas que subsidiam o sistema nas tomadas de decisões, sendo de grande interesse que essas informações sejam adquiridas com rapidez e eficiência (HASEGAWA et al., 2004).

## **2.6 Mapas temáticos**

Uma das maneiras mais utilizadas para representar a variabilidade espacial de uma área, seja ela nos parâmetros de produtividade, de qualidade ou nos parâmetros do solo, é por meio dos mapas temáticos. Segundo Corá; Beraldo

(2006), os mapas temáticos podem ser divididos em três tipos: mapas de condição, que demonstram a distribuição espacial dos parâmetros de qualidade, antes de qualquer intervenção; os mapas de recomendação, que apresentam as informações sobre as quantidades de insumos ou as práticas agrícolas em que cada local específico da área deve receber; e, por fim, o mapa do desempenho, que permite ao produtor avaliar como a área se encontra, após o manejo de cada sítio específico, caracterizando também o mapa de condição para um próximo ciclo.

Um mapa temático é formado por uma imagem, plotada em um eixo cartesiano, em que o eixo “Z” são as características ou os atributos em estudo, e os eixos “X” e “Y” são os representantes do espaço (longitude e latitude), representando assim a variabilidade espacial de determinado atributo no campo (DAINASE et al., 2004).

Os mapas que representam à variabilidade espacial são gerados a partir de um processo de amostragem, por meio de interpolação digital, permitindo a cobertura de toda a área, de modo que tanto para mapas de produtividade quanto para mapas de solos o mesmo processo ocorre (JOHANN et al., 2004).

Na sua construção, freqüentemente, são utilizadas técnicas geoestatísticas. Essas técnicas tiveram sua origem na área de mineração (KRIGE, 1951) e estão fundamentadas na teoria das variáveis regionalizadas, a qual considera a distribuição espacial das medidas, permitindo um raio de correlação espacial entre as amostras (KLEIN et al., 2007).

Ao interpretar um mapa, deve ser levadas em conta principalmente as causas consistentes de variabilidade, já que as variabilidades que não persistem no tempo permitem controle escasso ou nulo. As dificuldades consistem na identificação e na separação de cada uma das classes de variabilidade e na investigação das causas consistentes. Essas causas só podem ser compreendidas, quando do acompanhamento e da análise dos possíveis fatores que influenciam na variabilidade, durante safras seguidas (KITCHEN et al., 2005). Neste mesmo contexto, Willis et al. (1999) relatam que os produtores que observam os mapas da propriedade estão olhando para padrões e tendências gerais, tais como área de produtividade alta ou baixa. E acrescentam que uma vez essas áreas identificadas pelo produtor, que está mais familiarizado com os solos e o histórico do campo, é possível que ele tente deduzir por que estas variações estão ocorrendo. Tal abordagem, relacionada com o conhecimento das características do solo e do

histórico da área, permite ao agricultor formular a hipótese de um fator que esteja limitando a produtividade, para que, então, algumas ações possam ser tomadas, a fim de manejar as áreas de baixa produtividade de modo diferenciado, para obter um melhor rendimento destas áreas.

## **2.7 Variabilidade Espacial**

Numa paisagem natural, o solo apresenta ampla variabilidade dos seus atributos, tanto no sentido espacial, horizontal, como no sentido temporal, resultante da interação dos processos que comandam os fatores de sua formação. O solo cultivado revela fontes adicionais de heterogeneidade, originadas exclusivamente do efeito antrópico da agricultura (CARVALHO et al., 2003). Entretanto, estudos têm demonstrado que a variabilidade das propriedades do solo apresenta dependência espacial, ou seja, o valor em qualquer ponto amostrado depende, de algum modo, de seu vizinho (CARVALHO et al., 2001; EGUCHI, 2002; SOUSA et al., 2004).

O estudo da dependência espacial de variáveis, relacionadas com a agricultura, é importante e necessário, para caracterizar a área por meio da geração de mapas temáticos, os quais facilitam a compreensão do comportamento e da ocorrência dessas variáveis, sendo possível uma interferência no processo de produção (DURIGON, 2007). Dentro deste enfoque, Shiratsuchi et al. (2003) acrescentaram que o conhecimento da variabilidade espacial de uma área, seja ela do solo, de produtividade ou de outras variáveis, é um fator indispensável. O autor ainda complementa que o estudo da variabilidade espacial de uma área é uma das principais etapas da agricultura de precisão. Nesse caso, a geoestatística é usada como ferramenta auxiliar, visto que permite estabelecer um modelo de semivariograma que melhor descreve a variabilidade espacial dos dados, para que possa ser usado no processo de interpolação. É importante que o modelo ajustado represente a tendência da semivariância em relação à distância, sendo a krigagem o método de interpolação que confere maior exatidão às estimativas obtidas (JOHANN et al., 2004).

O conhecimento da distribuição espacial, em determinada área, é importante para a tomada de decisões no manejo e na avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental. Este conhecimento também é importante para a definição da

intensidade de amostragem do solo e para sua caracterização, possibilitando, dessa maneira, reduzir o erro-padrão da média, maximizando a eficiência da amostragem, bem como reduzir os custos e a mão-de-obra do trabalho (CORÁ et al., 2004).

Segundo Miranda et al. (1998), a confecção de mapas de produtividade permite a visualização da variabilidade espacial de um campo. Valencia et al. (2001) descrevem que, nesta fase, a utilização do semivariograma permite planejar desenhos de amostragem, com o intuito de capturar a variabilidade em escalas espaciais de até cem metros; e a estimação espacial, usando a *krigagem*, permite obter mapas da distribuição espacial de cada nutriente do solo.

Para Molin (2002a), a correta geração e interpretação de dados referentes à variabilidade espacial das lavouras é a etapa mais dispendiosa e mais importante do processo de implantação da agricultura de precisão.

A quantificação da variabilidade espacial é útil, como descreve Cerri (2001), por dois motivos: o primeiro é que o conhecimento dos erros associados ao modelo permite avaliar a qualidade dos resultados, definindo se estes atendem ao esperado e se a qualidade é superior à necessária; o segundo se dá no mapeamento dos atributos em questão que, para a agricultura de precisão, são a base para gerar mapas de aplicação de insumos à taxa variável.

## 2.8 Geoestatística

O uso da técnica de geoestatística possibilitou uma precisa descrição dos atributos de uma propriedade, como solo e produtividade, o que permite a definição de zonas específicas de manejo. A geoestatística é um tipo de estatística usada para representar a dependência espacial nas amostragens, tendo surgido na África do Sul, quando o Engenheiro de Minas D. G. Krige, em 1951, ao trabalhar com dados de concentração de ouro, concluiu que não conseguia encontrar sentidos nas variâncias, se não levasse em consideração a distância entre as amostras (FARIAS et al., 2003). A partir daí, surgiu o conceito da geoestatística, que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial.

Segundo Ortiz (2002), a geoestatística é capaz de extrair da aparente desordem dos dados disponíveis, uma imagem da variabilidade dos mesmos e uma medida da

correlação existente entre os valores tomados em dois pontos do espaço, separados por um certo vetor  $\mathbf{h}$ , em que  $\mathbf{H} = h$ , que são objetivos da análise estrutural, sendo feita por meio de semivariogramas. Gonçalves et al. (1999) acrescentaram que as ferramentas geoestatísticas permitem não só avaliar e modelar a estrutura de dependência espacial, tornando possível o mapeamento da propriedade, na área por meio da interpolação geoestatística (*krigagem*), mas também avaliar e descrever a correlação espacial existente entre as propriedades do solo e da produtividade em estudo.

Segundo Vieira (2000), o semivariograma é a ferramenta mais adequada para medir a dependência espacial, quando as amostras forem coletadas em duas dimensões no campo. Segundo Vendrusculo (2001), num gráfico do semivariograma, é possível identificar sua isotropia, ou seja, característica que é identificada, quando o semivariograma tem praticamente a mesma forma em qualquer direção do vetor  $h$ . Seu sentido contrário é chamado anisotropia, no qual, por meio de raios de busca, encontra-se variações graduais em uma direção e irregulares e rápidas em outras.

Analisando um semivariograma, um passo importante é a averiguação do seu comportamento em várias direções com o objetivo de determinar a máxima e a mínima continuidade da estrutura de variabilidade (GUIMARÃES, 2004). Em relação ao comportamento de um semivariograma ideal, Freitas (2000) relatou que a caracterização de um semivariograma é destacada pelos seguintes parâmetros:

- **Efeito Pepita** ( $C_0$ ) ou *Nugget Effect*: quando o semivariograma tende a zero e revela a descontinuidade do semivariograma para as distâncias entre amostras. Parte desta descontinuidade pode se dar também, devido a erros de medição, mas é impossível quantificar o que contribui mais, erros de medição ou variabilidade a uma escala menor do que aquela amostrada.
- **Alcance** ( $a$ ) ou *Range*: é a distância limitada da dependência espacial, ou seja, distância pela qual as amostras se encontram correlacionadas espacialmente.
- **Patamar** ( $C_0 + C$ ) ou *Sill*: corresponde ao alcance ( $a$ ), no gráfico do semivariograma. Considera-se que, a partir deste ponto, não exista mais dependência espacial entre as amostras. É aproximadamente igual à variância dos dados. O patamar também pode ser representado por  $(C_0+C)$ .
- **Contribuição** ( $C_1$ ): é a diferença entre o patamar e o efeito pepita.

Segundo Guerra (1988), os semivariogramas existentes são o esférico, o exponencial, o gaussiano, que são modelos com patamar, sendo o semivariograma linear, ou seja, sem patamar.

O modelo esférico é bastante utilizado na geoestatística e representa um fenômeno de transição. Neste modelo, a distância  $a$  corresponderá à distância de influência de cada amostra. A distância  $a$ , chamada de alcance, tende a se estabilizar por volta do patamar. Algumas situações que não apresentam patamar definido são consideradas de infinita capacidade de dispersão (KITANIDIS, 1997).

Para o semivariograma, é ajustado um modelo que proporciona a máxima correlação possível com os pontos plotados. Espera-se que medições localizadas mais próximas sejam mais parecidas entre si do que aquelas separadas por grandes distâncias. Dessa maneira, é de se esperar que  $\gamma(h)$  aumente com a distância  $h$  (VIEIRA, 2000). Na forma Gráfica, o semivariograma apresenta, em condições ideais, o seguinte comportamento:

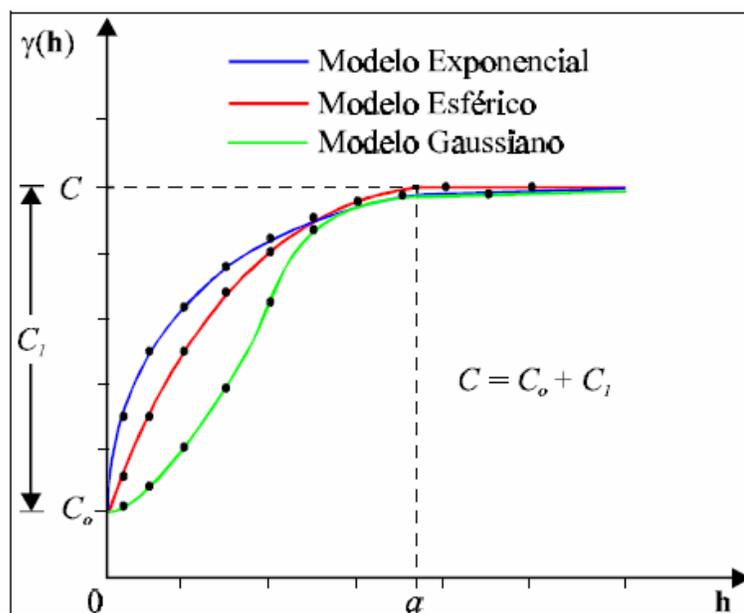


Figura 2 - Semivariograma teórico. Fonte: Corrêa (2007).

Se o semivariograma for constante e igual ao patamar para qualquer valor de  $h$ , temos efeito pepita puro e, neste caso, temos a ausência total de dependência espacial, ou seja, se existir a dependência espacial, esta será manifestada à distancia ou em

tempo menor do que o menor espaçamento entre amostras. Quanto ao grau de dependência espacial da variável, podemos classificá-la como (GUIMARÃES, 2004):

- Variável com forte dependência espacial: se o efeito pepita for menor ou igual a

$$25\% \text{ do patamar } \left[ \frac{C_o}{C_o + C} < 0,25 \right] \quad (1)$$

- Variável com moderada dependência espacial: se o efeito pepita representar entre

$$25\% \text{ e } 75\% \text{ do patamar } \left[ 0,25 \leq \frac{C_o}{C_o + C} \leq 0,75 \right] \quad (2)$$

- Variável com fraca dependência espacial: se a relação entre o efeito pepita e o

$$\text{patamar estiver entre } 75\% \text{ e } 100\% \left[ 0,75 \leq \frac{C_o}{C_o + C} \leq 1,00 \right] \quad (3)$$

- Variável independente espacialmente: se a relação entre o efeito pepita e o patamar for igual a 100%. Neste caso, temos o semivariograma, com efeito,

$$\text{pepita puro } \left[ \frac{C_o}{C_o + C} = 1,00 \right] \quad (4)$$

Para determinar escalas de dependência espacial, a análise por meio da krigagem é um passo importante entre a descrição e a estimação da distribuição espacial dos valores de um determinado atributo. Ela é um estimador linear ponderado, no qual os pesos são derivados pelo uso do semivariograma e pela minimização da variância de estimação (RODRIGUES, 2002).

Alguns trabalhos que usam a ferramenta de agricultura de precisão buscam estabelecer correlações entre atributos qualitativos ou quantitativos das culturas, como demonstrou Vercesi (2004), que correlacionou a dimensão e a densidade folhosa de plantas de um vinhedo com sua produtividade, encontrando valores bastante significativos. O mesmo autor também observou correlação significativa entre os parâmetros de qualidade, como o teor de açúcar e a acidez total, com densidade de gemas.

De acordo com Hopkins (2000), uma correlação é classificada como muito baixa, quando está no intervalo entre 0,0 a 0,1; baixa, quando está no intervalo de 0,1 a 0,3; moderada, quando está no intervalo de 0,3 a 0,5; alta, quando está no intervalo de 0,5 a 0,7; muito alta, quando está no intervalo de 0,7 a 0,8; e quase perfeita, quando está entre 0,9 e 1,0. Tal interpretação pode ser realizada tanto para sinais positivos como

para negativos. O valor de correlação igual à zero significa a inexistência da mesma, ou seja, uma variação no atributo não representa uma alteração na variável.

A viticultura de precisão, ainda incipiente no Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, visa à análise de variabilidade espacial para um tratamento diferenciado do vinhedo. Portanto, o primeiro passo é identificar onde existem diferenças no interior de uma área; e segundo passo consiste em tentar identificar as razões pelas quais ocorrem tais diferenças; e, por fim, o terceiro passo é verificar onde estão as correções das deficiências, para verificar o resultado de ações corretivas. Como este é um processo muito longo e difícil, a vitivinicultura de precisão nos dá uma solução para que a colheita e a produção de vinhos possam ser feitas separadamente, conforme a qualidade e a variedade da uva.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

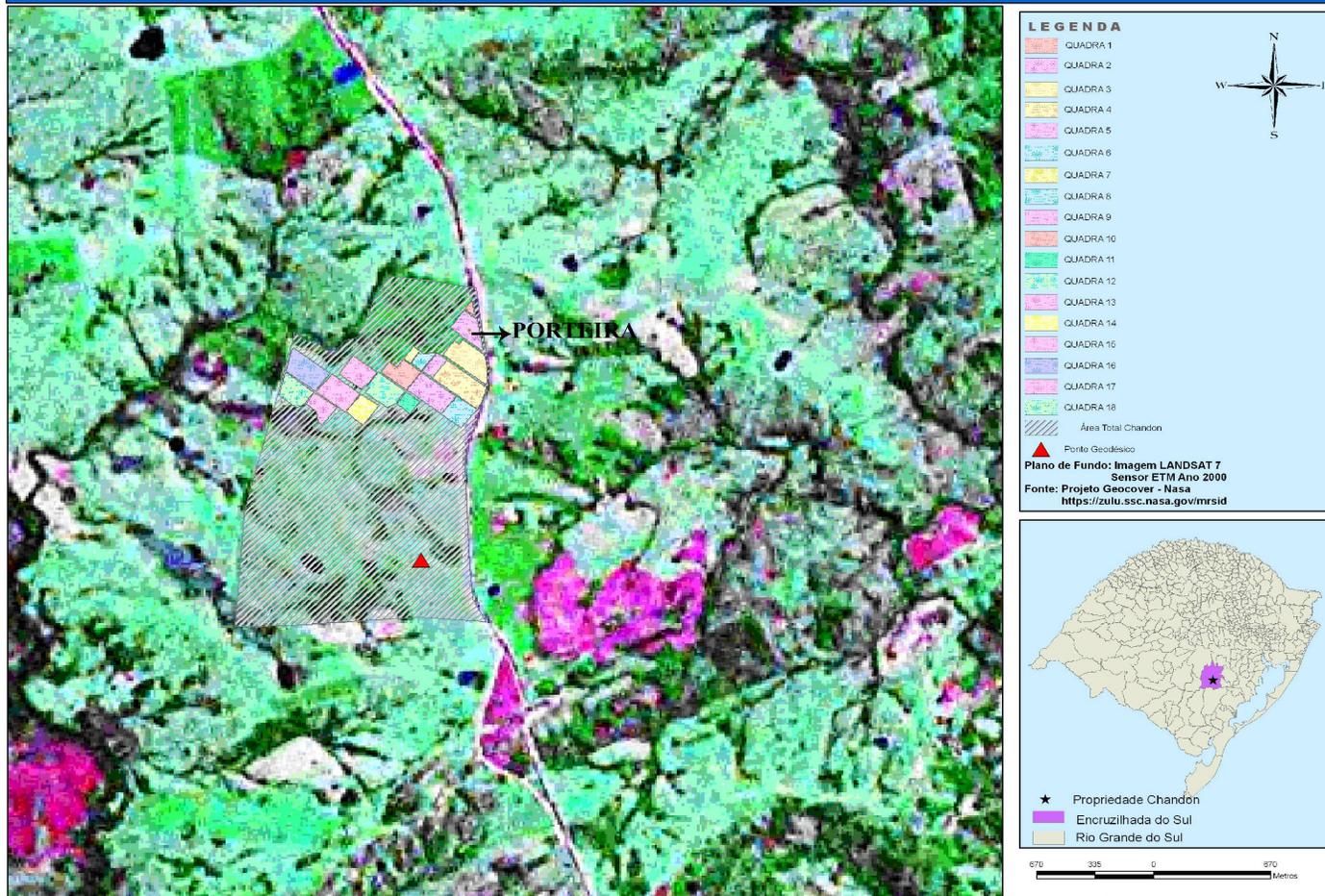
### 3.1 Caracterização da propriedade

A área experimental situa-se na Fazenda Chandon, propriedade de Moët Hennessy do Brasil Vinhos e Destilados Ltda, está localizada às margens da RS/BR 471, no município de Encruzilhada do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, em área destinada ao plantio de vinhedos. A área está localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 30°72'00" de latitude sul, 52°63'07" de longitude oeste de *Greenwich* e altitude de 361 m (ponto geodésico da propriedade) (Figura 3).

A imagem da Figura 3 é formada por mosaicos ortorretificados de imagens TM geoCover Landsat 5, em composição SWIR (*short-Wavelength Infrared*), com banda 2 no azul, banda 4 no verde e banda 7 (ou 5) no vermelho, com projeção Universal Transverse Mercator (UTM)/*World Geodetic System* 1984 (WGS84), e tamanho de pixel em mistura de 28,5 e 30 metros (CREPANI; MEDEIROS, 2005).

Na área do experimento, predominam solos classificados como Argissolo Vermelho Distrófico típico A proeminente textura média/argilosa e fase relevo suave ondulado (FLORES et al. 2008). Essa área possui 2,4 hectares e é denominada quadra porteira, plantada com a cultivar de uva vinífera Pinot Noir do clone Droid e enxertada sobre o porta-enxerto SO4. Os espaçamentos utilizados são de 1,40 m entre plantas por 2,30 m entre filas e a condução do vinhedo se dá no sistema de espaldeira.

## Vista Geral da Área da Chandon em Encruzilhada do Sul - RS



OBS: Os dados geométricos desta propriedade são provenientes de um GPS de navegação, podendo serem encontrados erros de até 30 m. Recomenda-se o uso deste apenas, para ilustrações ou para trabalhos expedientes.

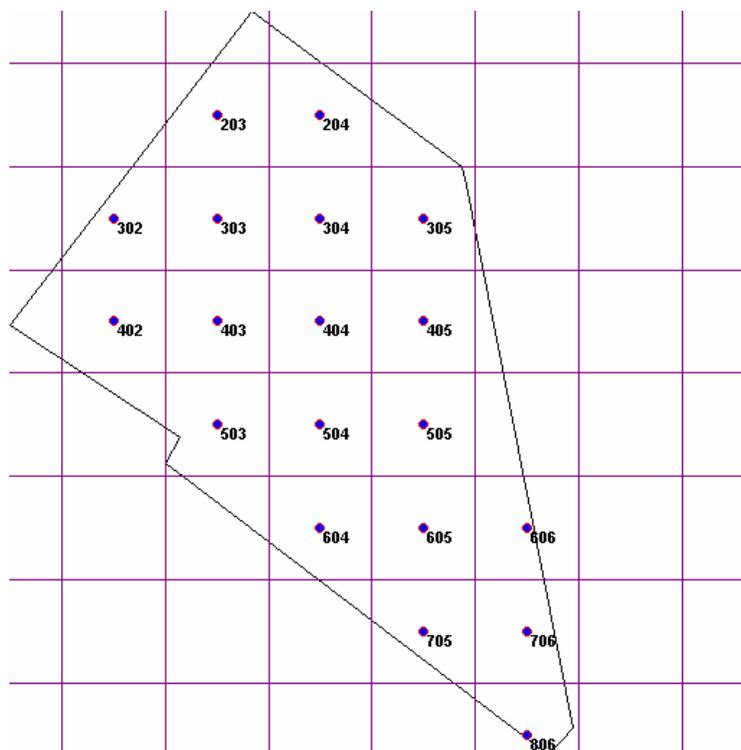
**Figura 3 - Vista geral da propriedade com o vinhedo em semidetalhe. Plano de fundo: Imagem LANDSAT 5, Sensor ETM ano 2000. Fonte: Laboratório de geoprocessamento – Embrapa Clima Temperado.**

### **3.2 Georreferenciamento da área**

Para o levantamento topográfico da área utilizou-se um equipamento Rover Pro XR Trimble, processado no sistema Pathfinder office, com solução em L1 (fase na portadora). Nesse sistema, foi instalado em uma posição fixa (base) o equipamento Top Com GGD, cuja localização encontrava-se no ponto geodésico da propriedade, com solução trabalhada em L2. Os dados do levantamento topográfico foram processados e ajustados com as bases do IBGE SMAR 92013 (Santa Maria) e POAL 91850 (Porto Alegre), através do equipamento Top Com L5.

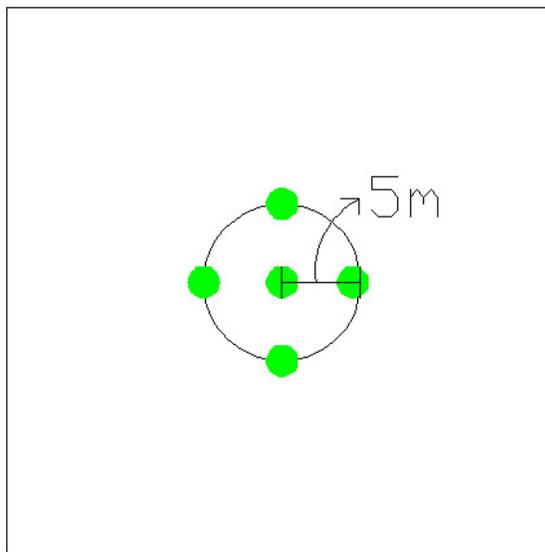
### **3.3 Determinação de atributos químicos do solo**

A coleta de solo para análise dos atributos químicos foi feita pelo método de amostragem em grades. Segundo Lutman; Perry (1999 *apud* SHIRATSUCHI et al., 2001), esse método consiste na divisão da área agrícola em quadrículas ou em pequenas células de amostragem, gerando uma amostra que represente essa sub-área. A malha de amostragem utilizada tem um espaçamento de 35 x 35 metros (Figura 5). Essa malha caracteriza uma amostra de solo, georreferenciado através do software *Sistema Agropecuário CR – Campeiro 6*, desenvolvido pelo setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria.



**Figura 4 - Malha de amostragem do solo com os 19 pontos georreferenciados. Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008.**

Foram coletadas 19 amostras de solo, durante o mês de setembro de 2007, por meio de trado calador, na profundidade de 0-0,2 metros, seguindo a recomendação da Rede Oficial de Laboratórios de análise de Solo (ROLAS, 2004) para a cultura da videira. O volume de solo de cada sub-amostra foi colocado em um recipiente, sendo retirada a amostra para análise, após a homogeneização. A localização do ponto localizado no centro de cada quadrícula foi feita com GPS de navegação portátil Garmin®. Cada amostra foi composta por cinco sub-amostras, sendo quatro localizadas a 5 m do ponto central e uma no ponto central, como mostra o esquema da Figura 6.



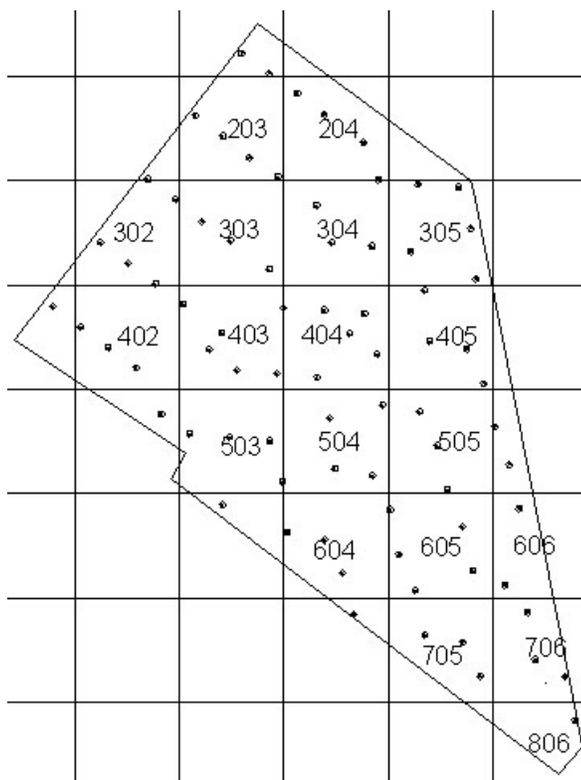
**Figura 5 - Esquema da amostragem de solo por amostra georeferenciada, representada pelo círculo maior, composta por 5 sub-amostras, representadas pelos pontos verde no esquema, 4 localizadas a 5 m do ponto central e 1 no ponto central. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.**

As amostras coletadas foram secas em estufa a 65° C, moídas e tamizadas em malha de 2,0 milímetros. Foram analisados os seguintes atributos do solo: a) teor de argila, determinado pelo método do densímetro, descrito pela Embrapa (1997) b) pH em água, determinado por meio da potenciometria; c) fósforo (P) e potássio (K) disponíveis (Mehlich-1), determinados por colorimetria e fotometria de chama; e d) cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), extraídos com solução de KCL 1,0 mol L<sup>-1</sup> e, posteriormente, o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por meio de espectrofotometria de absorção atômica e o  $\text{Al}^{3+}$  por meio de titulação com NaOH 0,0125N. A metodologia destas determinações está descrita em TEDESCO et al. (1995).

### **3.4 Determinação dos atributos enológicos do mosto e produtividade da uva**

Para amostragem dos parâmetros de planta foram selecionadas por sorteio, 78 delas, representando em média 1 % do total das vinhas. Para se respeitar a malha de amostragem de solo, a fim de se obter o mesmo número de amostras, foi feito a média das plantas que se encontravam dentro de cada quadricula totalizando

também 19 amostras. Nestas amostras, coletadas durante a colheita nas safras 2007 e 2008, foram determinados os parâmetros de produtividade e de qualidade do mosto.



**Figura 6 - Malha de amostragem dos parâmetros de planta, resultando em 19 amostras. Encruzilhada do Sul, RS, 2007 – 2008.**

Para a determinação da Acidez Total expressa em porcentagem de ácido tartárico por litro e do potencial alcoólico expresso em °Baumé, foram coletadas das amostras compostas em média por 40 bagas, quantidade o suficiente para obter 5ml de mosto.

Para a extração do mosto, as bagas foram amassadas e coadas (Figura 7). Nesse mosto, foram determinados o potencial alcoólico, com a utilização de refratômetro manual, seguindo modelo de medição utilizado pela própria cantina; e a acidez total, obtida pela titulação do mosto com NaOH 0,1N, utilizando azul de bromotimol como indicador e titulando até a coloração azul esverdeada, seguindo metodologia descrita por MANFROI et al. (2004).



**Figura 7 - Maceração das bagas e extração do mosto. Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008.**

O Azul de bromotimol foi utilizado devido à facilidade de detectar a viragem da coloração. Com o resultado do volume de NaOH gasto, foi calculada a concentração em gramas da porcentagem de ácido tartárico contido na amostra, por meio da fórmula:

$$\frac{V * N * 75 * 100}{1000 * V'} = \% \text{ de Ácido Tartárico,} \quad (5)$$

V= volume de hidróxido de sódio;

V'= volume da amostra de mosto;

N= normalidade do hidróxido de sódio;

75= equivalente-grama do ácido tartárico.

A produtividade de cada planta selecionada foi calculada pelo número total de cachos e pelo peso total obtido. Os cachos foram colocados em embalagens identificadas (Figura 8) pelo número da planta, sendo que, posteriormente, foi calculado o peso médio dos cachos.



**Figura 8 - Colheita, contagem e pesagem dos cachos. Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008.**

### **3.5 Determinação das unidades de manejo do vinhedo**

As unidades de manejo foram determinadas, segundo método proposto por Molin (2002b), que define unidades de manejo a partir de mapas de produtividade, em função de três Classes de Produtividade, conforme a descrição a seguir:

- Produtividade alta: valor do ponto amostrado acima de 105% da média da quadra;
- Produtividade média: valor do ponto amostrado entre 95% e 105% da média da quadra;
- Produtividade baixa: valor do ponto amostrado abaixo de 95% da média da quadra.

Foi acrescida uma segunda variável referente aos parâmetros enológicos, para definir as unidades de manejo. Assim, as categorias de classificação dos mapas de unidades de manejo do vinhedo foram determinadas em relação à produtividade e aos parâmetros enológicos (PE) (Tabela 1).

**Tabela 1 - Classes de Produtividade e qualidade dos mapas de unidades de manejo do vinhedo**  
**Classe Produtividade Normalizada e Parâmetros**

		Enológicos do Vinhedo (PE)
		.....%.....
1	Alta	PE >105
2	Média	95 < PE < 105
3	Baixa	PE < 95

### 3.6 Armazenamento e gerenciamento dos dados

O armazenamento dos resultados das amostras foi realizado no programa *Microsoft Office Excel 2003®*, que possui uma extensão do software *Sistema agropecuário CR - Campeiro 6*, por meio do qual foi realizado o gerenciamento dos dados coletados, sendo que, posteriormente, foram confeccionados os mapas digitais das variáveis estudadas, da produtividade das vinhas, dos parâmetros enológicos e da fertilidade do solo.

### 3.7 Análise geoestatística e correlações dos modelos digitais para os atributos de solo e de planta

Os resultados das análises dos atributos do solo e de planta foram utilizados para elaborar os mapas da distribuição espacial de cada atributo, utilizando-se o CR-Campeiro 6. Para o estudo do detalhamento da dependência espacial entre os pontos de coleta das amostras, utilizou-se a geoestatística. A análise dos dados foi realizada utilizando o programa *Geoestatistic for the Environmental Sciences*, desenvolvido pela GS+ (Gamma Design Software) (ROBERTSON, 1998). Tal programa é utilizado para o cálculo dos semivariogramas, obtendo-se assim a faixa de dependência espacial dos atributos estudados (a), o efeito pepita (Co) e o Patamar (Co + C).

A krigagem foi o método geoestatístico de interpolação utilizado para a elaboração dos mapas digitais, com um raio máximo de 30 metros. Segundo Durigon

(2007), esse método geoestatístico de interpolação é um processo de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço, a partir de valores adjacentes, sendo recomendado, quando a densidade de pontos amostrais é pequena e as variáveis são de custo elevado ou de difícil determinação.

A distribuição do coeficiente de variação possibilita estabelecer faixas de valores que orientam os pesquisadores sobre a validade de seus experimentos. Os resultados do coeficiente de variação foram comparados com aqueles sugeridos por Gomes (1990), que considera os coeficientes de variação como baixos, quando são inferiores a 10%; médios, quando estão entre 10 e 20%; altos, quando estão entre 20 e 30%; e muito altos, quando são superiores a 30 %, valores esse sugeridos para experimentos de culturas agrícolas.

Para que um dado parâmetro seja considerado normal, os valores da assimetria e da curtose devem estar dentro dos limites estipulados, tanto positivos como negativos. Considera-se que um parâmetro apresenta distribuição normal, quando a assimetria está dentro do limite do erro da assimetria. Quanto à curtose, considera-se uma distribuição mesocúrtica, quando o valor está dentro do limite do erro, sendo que, quando a curtose for superior ao erro, a distribuição será leptocúrtica e, quando for inferior, a distribuição será platicúrtica (TREVISAN, 2005).

As correlações entre os modelos digitais dos atributos do solo e de planta foram determinadas com base no método de correlação de Pearson, ao nível de probabilidade de 5%, por meio do software SAS (SAS – Statistical Analysis System, 1996). Para tanto, os modelos digitais selecionados para gerar as correlações entre si são espacialmente idênticos, isto é, com a mesma origem, o mesmo espaçamento e o mesmo número de linhas e de colunas.

### **3.8 Dados meteorológicos**

Os dados climáticos dos meses de agosto a janeiro (2006 a 2008), sobre a precipitação, a temperatura mínima e a temperatura máxima, do município de Encruzilhada do Sul (local da localização do vinhedo), foram adquiridos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essas variáveis climáticas influenciam diretamente no crescimento, na produção, na qualidade e na absorção de nutrientes

pelas videiras. Os meses de agosto a janeiro compreendem o período entre os está da brotação e da colheita. A estação meteorológica está localizada nas coordenac 30°53'00" de latitude, -52°52'00" de longitude e 427,75 de altitude.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Condições climáticas durante o período experimental**

O ano de 2006 foi marcado por temperaturas atípicas. Durante o mês de agosto, foram verificadas temperaturas máximas próximas aos 28°C, o que ocasionou uma antecipação na brotação da videira. Após esse período, em setembro, as temperaturas voltaram a cair alcançando 0°C, quando ocorreram intensas geadas que causaram queimaduras de ramos e de gemas intumescidas, comprometendo a produtividade. Além da queima pelas geadas, ainda verificou-se o problema de desavinho, ou seja, um acidente fisiológico que não permite a transformação das flores em frutos, e de acrotonia, que nada mais é que uma brotação antecipada e vigorosa das gemas mais distantes nas varas e esporões, ocasionada pelas temperaturas abaixo de 10°C, no período da brotação, com significativos prejuízos na produtividade dos vinhedos (BARBIERI, Comunicação Pessoal).

Durante a fase maturação/colheita, em janeiro de 2007, ocorreram chuvas em torno de 30 mm, no dia 18 de janeiro, condição que propiciou o atraso da colheita e uma alteração na concentração do mosto. Também foram verificadas temperaturas adequadas para a maturação, com dias quentes e ensolarados, de temperaturas máximas próximas aos 30°C, e com noites mais frias, de temperaturas mínimas próximas a 13°C, que são condições climáticas favoráveis à produção de mosto de qualidade.

A observação contínua do clima e de sua incidência nas distintas fases da cultura, no ano de 2007, possibilitou avaliar a sua influência sobre a qualidade e a quantidade de colheita. Ocorreram temperaturas típicas, em cada fase do desenvolvimento fenológico da videira, período de repouso vegetativo, de brotação, de florescimento e de colheita. Conforme apresentado por Mandelli (2005), as baixas

temperaturas que ocorrem em junho, julho e agosto são fundamentais para a videira, pois, quanto mais frio for esse subperíodo, melhor será o repouso e melhores serão as condições para a brotação da videira. As videiras brotam no final do inverno e início da primavera, à medida que ocorre aumento da temperatura.

O período da floração e da frutificação é um dos períodos mais críticos para a videira, pois define, em grande parte, a quantidade de uva colhida na safra. Para o adequado desenvolvimento da floração e da frutificação, é necessário tempo seco e ensolarado, com temperaturas superiores a 18°C (MANDELLI, 2005), o que foi verificado no experimento.

A fase da maturação até a colheita é o período que define a qualidade do mosto. Os dias ensolarados, com baixa precipitação, e as noites frias e secas são fundamentais para a obtenção de uvas sadias e, conforme Mandelli (2005), com equilibrada relação açúcar/acidez, dentre outros componentes, características essas essenciais para a obtenção de um mosto de qualidade. Neste sentido, conforme dados climáticos da safra 2006/2007 e da safra 2007/2008, representados no Anexo 1, verificou-se temperaturas e precipitação ideais para esta fase.

De acordo com as informações meteorológicas em relação à precipitação, o ano de 2008 pode ser considerado um ano com chuvas adequadas e bem distribuídas no início da brotação, meses de agosto e setembro, esparsas chuvas no período de crescimento vegetativo, meses de novembro e dezembro, e na época da colheita, em janeiro de 2008, as chuvas não interferiram na colheita e, conseqüentemente, na qualidade do mosto, uma vez que houve um período de 5 dias (de 11 a 17 de janeiro) entre a última chuva (29mm) e a colheita, sendo que as temperaturas elevadas propiciaram a diminuição da umidade relativa do ar, tornando os dias mais quentes e secos.

#### **4.2 Análise descritiva dos atributos químicos do solo e de planta**

Os resultados referentes à análise descritiva para pH, argila, cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), nitrogênio (N), matéria orgânica (MO), potássio (K) e fósforo (P) são apresentados na tabela 2. Os resultados referentes aos atributos de produtividade, que são número de cachos por planta, peso de uva por planta e peso

por cacho de uva, e dos parâmetros enológicos, como potencial alcoólico e ácido tartárico, são apresentados na tabela 3 e 4.

A partir da análise da distribuição de frequência dos atributos do solo, feita para verificar a distribuição normal padrão, constatou-se, conforme o coeficiente de variação proposto por Gomes (1990), que o pH apresentou coeficiente de variação baixo (< 10%), enquanto que para a Argila, o Ca, o Mg, e o N, o coeficiente de variação foi médio, com valores entre 10 e 20%. Para a MO, o K e o P, o coeficiente de variação encontrado foi alto, com valores entre 20 e 30%. Para o Al, foi verificada uma variação muito alta, com 66,7%, ou seja, superior aos 30%.

Para os atributos de planta, na safra 2007, encontrou-se coeficiente de variação baixo para os parâmetros enológicos, com coeficiente de variação de 8,8% para o ácido tartárico e de 5,1% para o potencial alcoólico, enquanto que, para os parâmetros de produtividade, encontrou-se coeficiente de variação alto para as variáveis de número de cachos por planta, com 26,3%, peso por cacho de uva, com 21,4% e peso por planta, com 31,9%. Tais aumentos de variação nos parâmetros de produtividade são atribuídos às geadas ocorridas em setembro de 2006. Na safra de 2008, observou-se uma mudança no coeficiente de variação do ácido tartárico, que teve um aumento no coeficiente de variação, sendo nesta safra considerado médio, com 10,8% , enquanto que as variáveis peso por planta, com coeficiente de variação de 25,3%, e peso por cacho, com coeficiente de variação de 14,3%, tiveram uma diminuição, sendo consideradas com coeficiente de variação médio e alto, respectivamente, se comparadas ao ano anterior. O potencial alcoólico manteve-se com coeficiente de variação baixo e o número de cachos por planta obteve coeficiente de variação alto. Para a variável número de gemas, existente apenas para a safra de 2008, o coeficiente de variação foi considerado médio. Garcia (1989) considera que, quanto menor for o coeficiente de variação, mais homogêneos serão os dados. Neste caso, considerando os parâmetros de planta, observou-se que os parâmetros enológicos possuem menor variabilidade se comparados aos parâmetros de produtividade.

**Tabela 2 – Resultados da análise estatística descritiva para os dados dos atributos químicos do solo. Encruzilhada do Sul, RS, 2007**

Variáveis	Atributos Químicos do Solo								
	pH	Argila	Ca	Mg	Al	N	MO	K	P
		g kg <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			-----%-----		-----mg L <sup>-1</sup> -----	
Média	5,4	23,3	5,38	1,87	0,06	0,14	1,69	27,03	20,33
DP	0,34	3,50	0,84	0,37	0,04	0,02	0,35	6,97	6,55
CV (%)	6,3	15,0	15,6	19,8	66,7	14,3	20,7	25,8	32,2
Variância	0,11	12,26	0,72	0,14	0,001	0,00	0,12	48,61	42,88
Mínimo	4,8	17,00	3,98	1,30	0,02	0,11	1,19	15,8	10
Máximo	6,0	31,00	7,45	2,92	0,13	0,16	2,24	42,20	35,50
Assimetria (EP)	0,32 (0,27)	0,25 (0,27)	0,70 (0,27)	0,97 (0,27)	0,77 (0,27)	- 0,24 (0,27)	- 0,07 (0,27)	0,49 (0,27)	0,31 (0,27)
Curtose (EP)	- 0,78 (0,54)	- 0,46 (0,54)	0,45 (0,54)	1,33 (0,54)	- 0,79 (0,54)	- 1,08 (0,54)	-1,46 (0,54)	- 0,66 (0,54)	- 0,18 (0,54)

(DP) desvio padrão, (CV) coeficiente de variação, (EP) erro padrão.

O coeficiente de assimetria mostrou-se fraco e positivo para as variáveis pH, Ca, Mg, Al, K e P, com valores iguais a 0,32, 0,70, 0,97, 0,77, 0,49 e 0,31, respectivamente, enquanto que a argila, o N e a MO apresentaram coeficiente de assimetria normal, com valores iguais a 0,25, -0,24 e -0,07, respectivamente. O coeficiente de assimetria é considerado normal, quando os valores estão dentro do limite do erro, neste caso, valores que vão de -0,27 até 0,27. Estes dados concordam parcialmente com os valores de Carvalho et al. (2003), uma vez que também encontraram coeficiente de assimetria positivo e forte para o Ca, Mg e K.

Analisando-se os valores da curtose, observou-se uma distribuição platicúrtica para o pH, o Al, o N, a MO e o K. Enquanto que, para o Mg, verificou-se uma distribuição leptocúrtica. Para a argila, o Ca, e o P, detectou-se uma distribuição mesocúrtica, ou seja, quando o valor está dentro do limite do erro. A distribuição de frequência dos parâmetros químicos do solo, pH, argila, cálcio, magnésio, alumínio, nitrogênio, matéria orgânica, potássio e o fósforo, está representada na Figura 9.

**Tabela 3 - Resultados da análise estatística descritiva para os dados de produtividade e parâmetros enológicos do mosto da uva *Pinot Noir* na safra 2007. Encruzilhada do Sul, RS.**

**Safra 2007**

Variáveis	Parâmetros Enológicos		Parâmetros de Produtividade		
	AT	PA	Cachos/Planta	Peso/Planta	Peso/Cachos
	g L <sup>-1</sup>	°Baumé	N°	----- kg -----	
Média	0,89	10,03	29,41	4,33	0,14
DP	0,08	0,51	7,7	1,38	0,03
CV (%)	8,8	5,1	26,3	31,9	21,4
Variância	0,006	0,26	59,9	1,9	0,01
Mínimo	0,75	8,9	1,0	0,03	0,03
Máximo	1,16	11,2	49,0	6,9	0,20
Assimetria	0,80	- 0,28	- 0,78	- 0,59	-1,13
(EP)	(0,27)	(0,27)	(0,27)	(0,27)	(0,27)
Curtose	1,44	- 0,30	2,00	0,60	2,48
(EP)	(0,54)	(0,54)	(0,54)	(0,54)	(0,54)

(DP) desvio padrão, (CV) coeficiente de variação, (EP) erro padrão, (AT) ácido tartárico, (PA) potencial alcoólico.

Para os resultados referentes aos parâmetros enológicos, observou-se para o ácido tartárico, tanto na safra de 2007 como na de 2008, um coeficiente de assimetria considerado positivo e forte, com valores de 0,80 e 0,62, respectivamente. Para o coeficiente de curtose, no ano de 2007, observou-se uma distribuição leptocúrtica com curtose de 1,44. Para a safra de 2008, o coeficiente de curtose de 0,44 teve um comportamento bem diferenciado daquele do ano anterior, com distribuição mesocúrtica. Os resultados do potencial alcoólico, nas safras de 2007 e 2008, apontam que a assimetria dos dados não apresentou distribuição normal, pois não está dentro do limite de erro (erro de assimetria =  $\pm 0,27$ ), tendo sido considerada negativa e fraca. Em relação à curtose, também para as duas safras os resultados indicaram uma distribuição normal mesocúrtica (erro da curtose =  $\pm 0,54$ ).

**Tabela 4 - Resultados da análise estatística descritiva para os dados de produtividade e parâmetros enológicos do mosto da uva *Pinot Noir* na safra 2008. Encruzilhada do Sul, RS.**

**Safra 2008**

Variáveis	Parâmetros Enológicos			Parâmetros de Produtividade		
	AT	PA	Cachos/Planta	Peso/Planta	Peso/Cacho	Gemas/Planta
	g L <sup>-1</sup>	°Baumé	N°	-----kg-----		N°
Média	0,93	9,37	28,22	3,96	0,14	22,13
DP	0,10	0,53	6,07	1,00	0,02	4,40
CV (%)	10,8	5,7	21,5	25,3	14,3	19,9
Variância	0,01	0,28	36,82	1,01	0,01	19,39
Mínimo	0,68	8,00	12,0	1,75	0,07	14,0
Máximo	1,22	10,40	40,0	5,88	0,19	38,0
Assimetria	0,62	- 0,33	- 0,50	- 0,31	- 0,52	0,45
(EP)	(0,27)	(0,27)	(0,27)	(0,27)	(0,27)	(0,27)
Curtose	0,44	- 0,12	- 0,16	- 0,68	- 0,55	0,74
(EP)	(0,54)	(0,54)	(0,54)	(0,54)	(0,54)	(0,54)

(DP) desvio padrão, (CV) coeficiente de variação, (EP) erro padrão, (AT) ácido tartárico, (PA) potencial alcoólico.

Para os dados de produtividade, o número de cachos por planta demonstrou coeficiente de variação de 26,3, para a safra de 2007, e 21,5, para 2008, sendo considerado coeficiente de variação alto. Na variável peso por planta, observou-se coeficiente de variação muito alto (31,9), para a safra 2007, e alto (25,3), para a safra 2008. Para a variável peso por cachos, os dados demonstraram coeficiente de variação de 21,4%, considerado alto, em 2007, e em 2008, 14,3%, considerado CV médio. O mesmo resultado foi observado para o número de gemas, com coeficiente de variação de 19,4. A análise das variáveis número de cachos, peso por planta e peso por cacho, nas safras de 2007 e 2008, constatou que apresentam desvio para a esquerda (assimetria inferior a - 0,27), com valores considerados altos e negativos, e a variável número de gemas, em 2008, apresentou desvio para a direita com valores considerados altos e positivos.

Na safra de 2007, as variáveis número de cachos, peso por planta e peso por cacho apresentaram distribuição leptocúrtica (erro da curtose superior a 0,54), como apresentado na tabela 3. Na safra de 2008, como analisado na tabela 4, a variável número de cachos apresentou distribuição mesocúrtica, ou seja, o valor está dentro

do limite do erro (erro da curtose = 0,54); a variável peso por planta apresentou distribuição platicúrtica (valor inferior a – 0,54); enquanto que as variáveis peso por cachos e número de gemas apresentaram distribuição leptocúrtica, com valor superior a 0,54. Com essas informações, pode-se verificar que existe variabilidade em função da planta, ou seja, na posição que a planta está situada. A planta recebe a influência da quantidade de nutrientes do local em que está inserida e também pelas condições climáticas, nos diferentes períodos de desenvolvimento de produção.

A distribuição de frequência dos atributos de solo (pH, argila, Ca, Mg, Al, N, MO, K e P) pode ser visualizada na Figura 9; A distribuição de frequência e dos atributos de planta (ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso por planta, peso por cacho e número de gemas por planta) da safra 2007 pode ser visualizada na Figura 10, enquanto que a da safra 2008 aparece na Figura 12. Já na Figura 11 e na Figura 13, tem-se a distribuição espacial dos parâmetros de planta das safras 2007 e 2008, respectivamente.

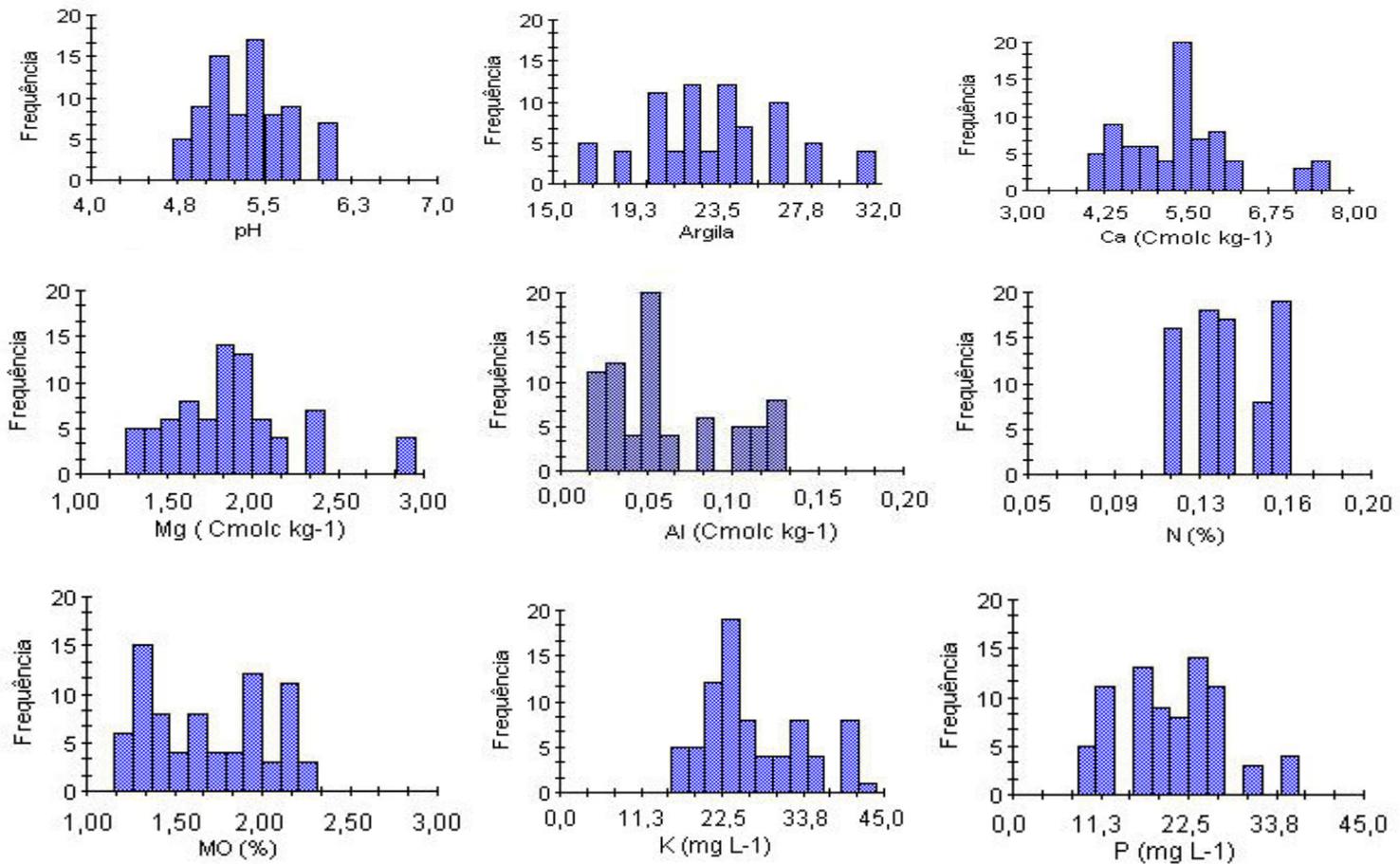
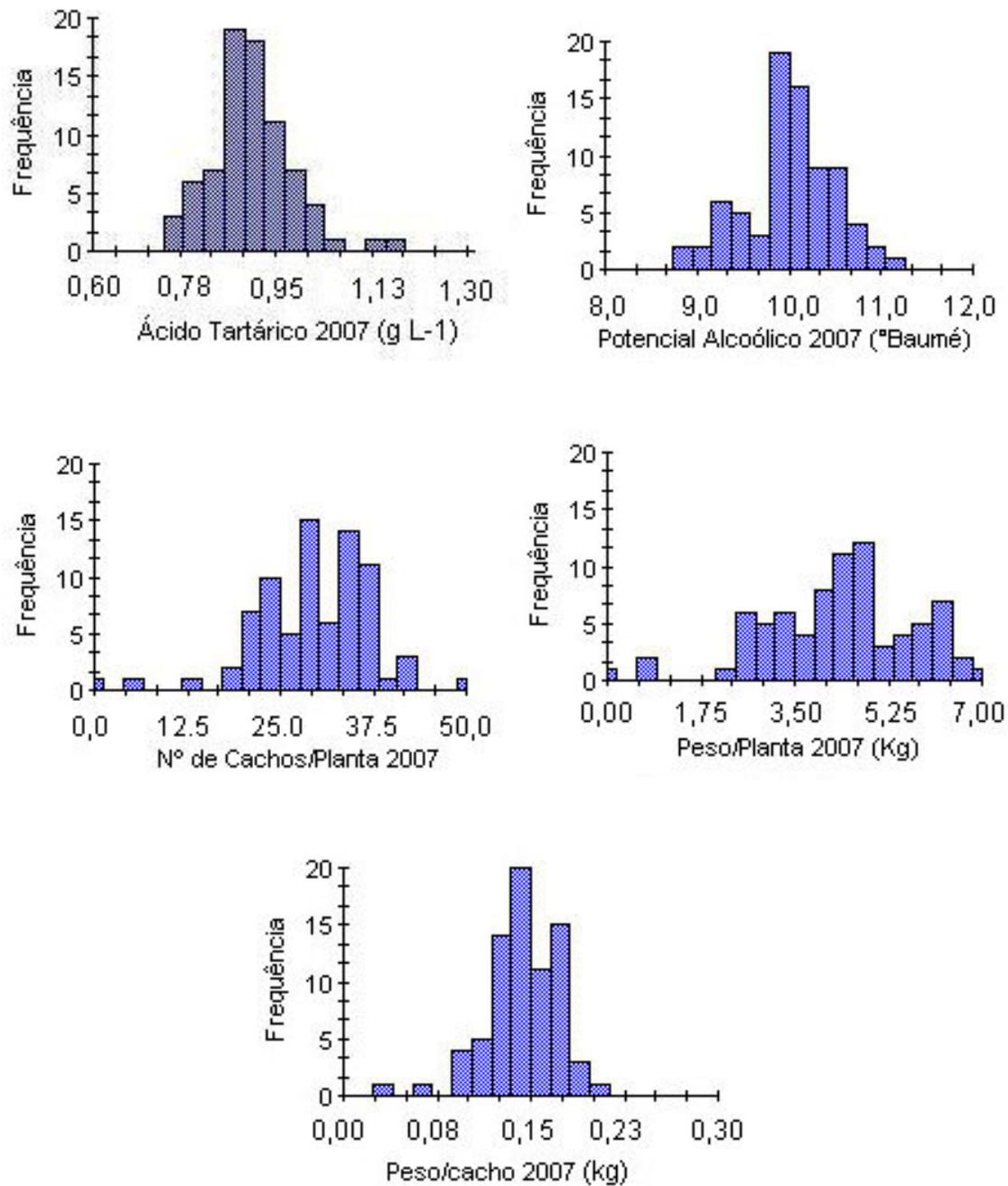
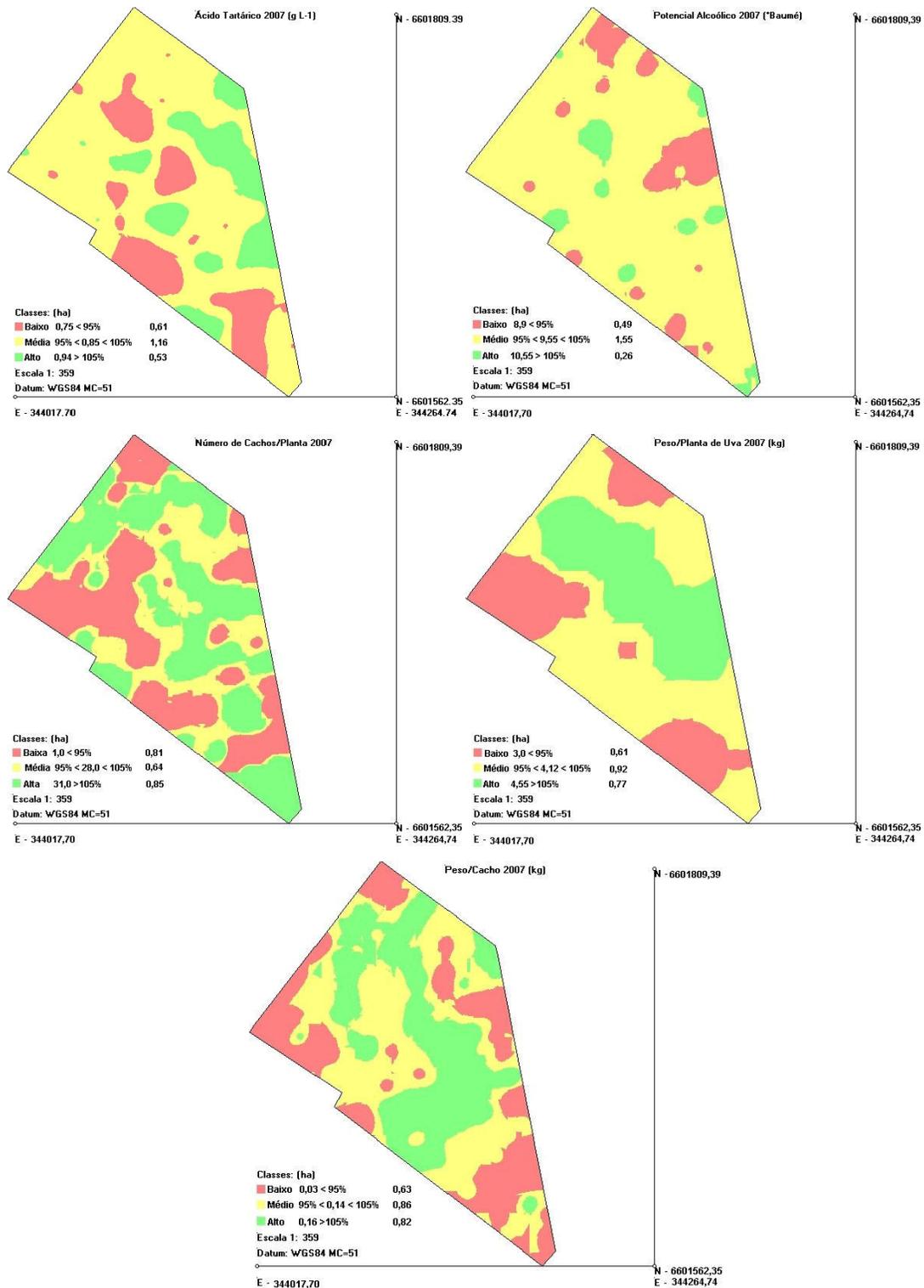


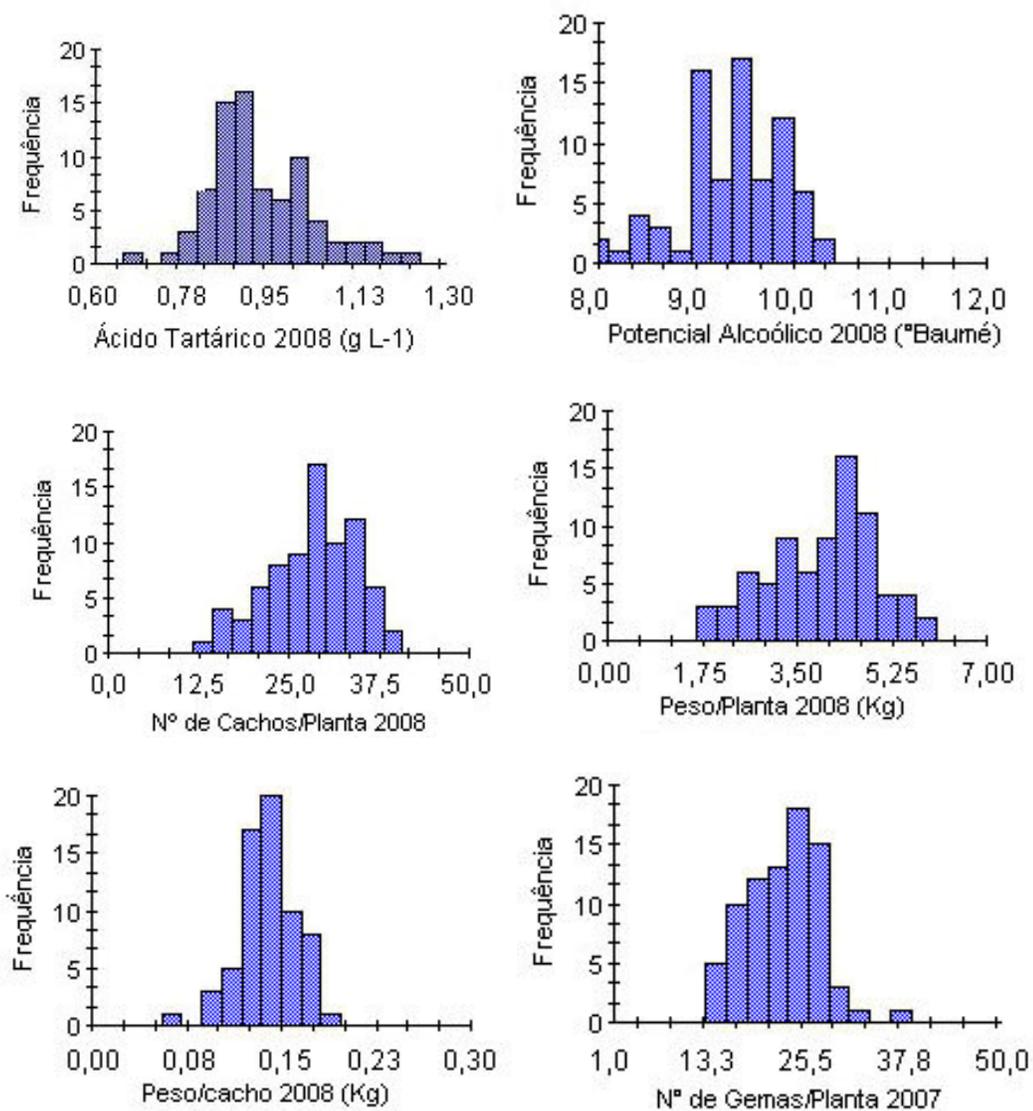
Figura 9 - Classes de distribuição de frequência dos atributos químicos do solo, pH, argila, cálcio, magnésio, alumínio, nitrogênio, potássio e fósforo. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.



**Figura 10 - Classes de distribuição de frequência dos atributos de planta, nas safras 2007, peso por cacho, peso por planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta e número de gemas. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.**



**Figura 11 - Mapas da distribuição espacial dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso de uva por planta e peso por cacho de uva na safra 2007 classificados em zonas de baixo, médio e alto da área em estudo. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.**



**Figura 12 - Classes de distribuição de frequência dos atributos de planta, nas safras 2008, ácido tartárico, potencial alcoólico, peso por cacho, peso por planta, número de cachos por planta e número de gemas. Encruzilhada do Sul, RS, 2008.**



**Figura 13 - Mapas da distribuição espacial dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso de uva por planta, peso por cacho de uva e número de gemas por planta na safra 2008 classificados em zonas de baixo, médio e alto da área em estudo. Encruzilhada do Sul, RS, 2008.**

A variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser influenciada por fatores intrínsecos (fatores de formação) e por fatores extrínsecos, normalmente empreendidos pelas práticas de manejo do solo (CARVALHO et al., 2003). De acordo com Cambardela et al. (1994), normalmente, uma forte dependência espacial dos atributos do solo é atribuída aos fatores intrínsecos, ao passo que, aos extrínsecos, pode-se atribuir fraca dependência.

Segundo Lemainski (2007), possíveis problemas podem surgir, devido ao uso da média dos valores dos atributos como base para a tomada de decisões quanto à fertilidade ou correção do solo. Em alguns lugares, a dose recomendada pode estar abaixo do ideal, em outros, pode estar adequada, como também pode ocorrer superdosagem em outras áreas. Essa situação pode gerar prejuízo econômico, tanto pela aplicação desnecessária, quanto pelo desequilíbrio entre as quantidades de nutrientes que serão disponibilizados à cultura, além da interferência no potencial de qualidade da planta.

Na tabela 5, é apresentada a interpretação dos valores de pH em água e da saturação por bases ( $CTC_{pH\ 7,0}$ ), conforme a comissão de química e fertilidade de solo – RS/SC (2004) (CQFS, 2004). A área encontra-se com 5,3%, 57,9%, 36,8% e 0% nas Classes Muito Baixo, Baixo, Médio e Alto, indicando a necessidade de calcário, nas áreas em que se enquadraram como muito baixo e baixo. De acordo com a Figura 14.

**Tabela 5 - Interpretação de valores de pH em água, para pH de referencia da videira (pH 6,0) (CQFS, 2004), da condição em que se encontra a área em estudo, e da quantidade de calcário a ser aplicado baseado no critério do índice SMP, no município de Encruzilhada do sul, RS.**

Interpretação	pH em água	Condição	Área
		-----%----	ha
Muito Baixo	≤ 5,0	5,3	0,13
Baixo	5,1 – 5,4	57,9	1,39
Médio	5,5 – 6,0	36,8	0,88
Alto	> 6,0	0	0

Alguns trabalhos que avaliaram a fertilidade dos solos, em algumas regiões do país, mostraram que uma considerável percentagem dos vinhedos está localizada em solos com baixa fertilidade. No Estado de São Paulo, Gergoletti

(1995), em um levantamento nutricional de vinhedo, na região de São Miguel Arcanjo, verificou que, na camada de solo de 0-20 cm, 55% dos vinhedos apresentaram valores de pH inferiores a 5,0 e, na maioria dos casos, com saturação por bases inferior a 50%. Na região de Jundiaí, em um experimento similar, Costa (1998) observou que as camadas de solo entre 0-20 cm, 16% apresentaram valores de pH inferior a 5,0. Em Minas Gerais, na região de Caldas, Regina et al. (1998), constataram que 96,5% dos vinhedos analisados encontram-se em solos com níveis de acidez médio a elevado, sendo que, desse total, 59,7% apresentam o pH inferior a 5,0. No cerrado brasileiro, onde se observa uma expansão da viticultura, Lopes (1983), analisando solos da região, encontrou variações de 4,3 a 6,2 relativas ao pH.

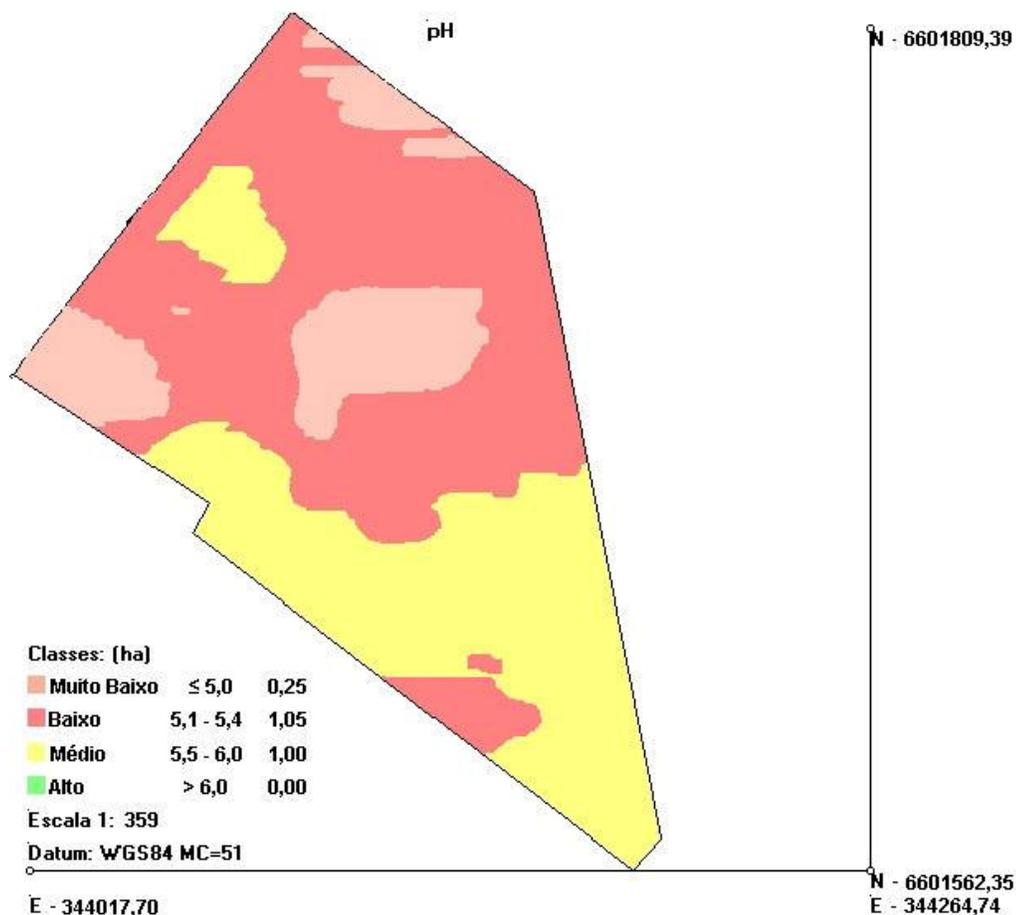


Figura 14 - Classes de pH no solo segundo classificação da Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS.

Em relação à aplicação de calcário, conforme apresentado na Tabela 6, seria necessário a aplicação de 7 toneladas de calcário na área do estudo em caso de aplicação a taxa variada. Para aplicação de calcário a taxa fixa, ou seja, pela média, seria necessário a aplicação de 7,7 toneladas de calcário na área para elevar o pH do solo ao pH de referência da videira 6. Neste caso, tem-se uma economia de 700 kg de calcário com a aplicação a taxa variável.

**Tabela 6 – Estimativa da quantidade de calcário a ser aplicado em cada ponto georreferenciado da malha de amostragem de solo.**

<b>Amostras</b>	<b>pH SMP</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Área</b>	<b>Aplicação de Calcário (T/ha)</b>
		Mg ha <sup>-1</sup>	ha	Mg ha <sup>-1</sup>
P 203	6.1	2.7	0.1225	0.33
P 204	5.7	4.8	0.1225	0.59
P 302	6.0	3.2	0.1225	0.39
P 303	6.1	2.7	0.1225	0.33
P 304	5.7	4.8	0.1225	0.59
P 305	5.8	4.2	0.1225	0.51
P 402	5.8	4.2	0.1225	0.51
P 403	5.9	3.7	0.1225	0.45
P 404	5.6	5.4	0.1225	0.66
P 405	6.0	3.2	0.1225	0.39
P 503	6.3	1.8	0.1225	0.22
P 504	6.1	2.7	0.1225	0.33
P 505	6.2	2.2	0.1225	0.27
P 604	6.1	2.7	0.1225	0.33
P 605	6.4	1.4	0.1225	0.17
P 606	6.6	0.8	0.1225	0.10
P 705	6.1	2.7	0.1225	0.33
P 706	6.4	1.4	0.1225	0.17
P 806	6.2	2.2	0.1225	0.27
				<b>Total = 6.96</b>

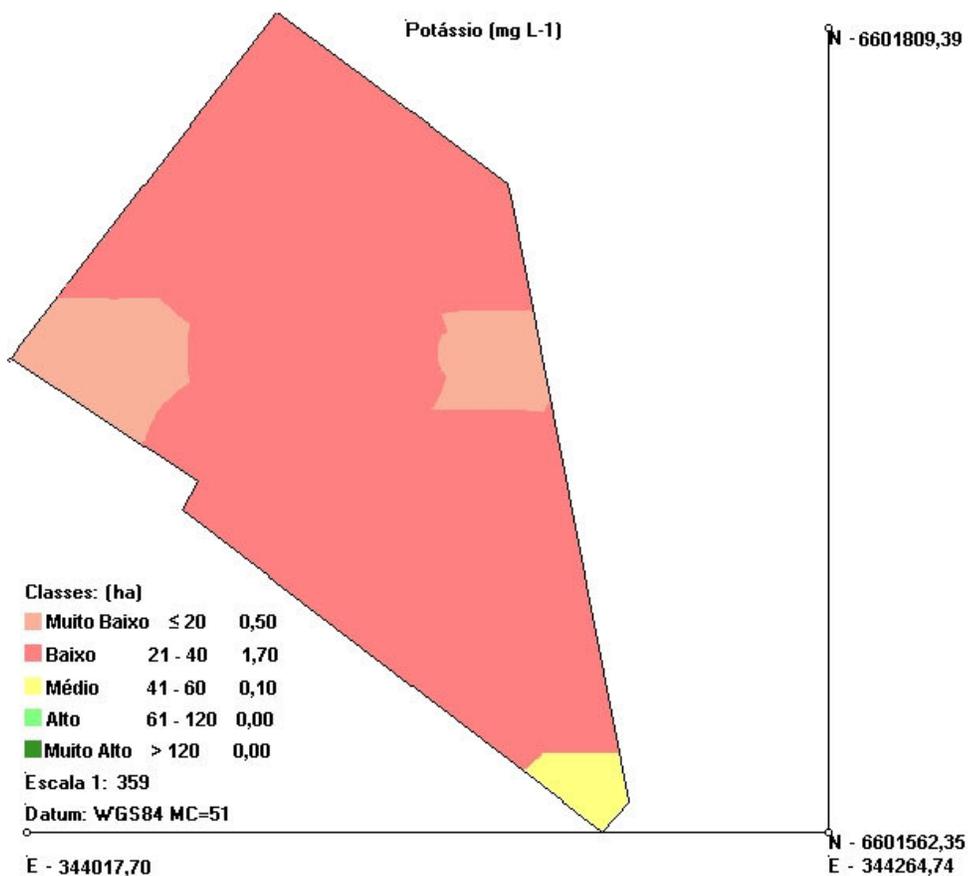
Na tabela 7, observa-se que, em relação ao potássio, 10,5% da área, ou seja, 0,27 ha, encontra-se com teores muito baixos de potássio, necessitando de 24,3 kg de K<sub>2</sub>O; Em 84,2% da área, equivalendo a 2 ha, o teor de potássio encontra-se baixo, sendo recomendado uma aplicação de 120 kg de K<sub>2</sub>O; enquanto que, em 0,13% da área correspondente a 0,13 ha, o teor de potássio foi considerado médio, desta forma, a necessidade foi de 3,9 kg de K<sub>2</sub>O. Totalizando a aplicação de 148,2 kg de K<sub>2</sub>O a taxa variada. Verificou-se, a aplicação de K<sub>2</sub>O em taxa variada foi superior à aplicação à taxa fixa, sendo recomendada a aplicação de 148,2 kg de K<sub>2</sub>O

a taxa variada e 144 kg de  $K_2O$  a taxa fixa. Este fator se dá pelo fato de os teores de potássio do solo do vinhedo serem baixos (FIGURA 15).

**Tabela 7 - Interpretação do teor de potássio, conforme as classes de CTC do solo a  $pH_{7,0}$ , a condição da área, a classe de disponibilidade de potássio (CQFS, 2004), a porcentagem de ocorrências e a adequação da adubação da área em estudo, no município de Encruzilhada do Sul, RS.**

Interpretação	Potássio			
	CTC $pH_{7,0}$ 5,1 – 15,0 $cmol_c\ dm^{-3}$	$K_2O$ recomendado $kg\ ha^{-1}$	Área ha	$K_2O$ a ser aplicado $kg\ ha^{-1}$
Muito Baixo	$\leq 20$	90	0,27	24,3
Baixo	21 – 40	60	2,00	120
Médio	41 – 60	30	0,13	3,9
Alto	61 – 120	0	0	0
Muito Alto	$> 120$	0	0	0

( $K_2O$ ) composto químico óxido de potássio.



**Figura 15 - Classes de potássio no solo segundo classificação da Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS.**

Em vinhedos brasileiros, foi observado que o aporte de nutrientes não alterou a produtividade, entretanto, a adição de potássio resultou em vinhos com maiores teores de açúcares, antocianinas e pH (DAL BO, 1993). É importante salientar que as pesquisas revelam que o excesso de potássio tem muito pouca influência na produção de uvas (BOULTON, 1980) e também não tem influência no conteúdo de sólidos totais (MORRIS; CAWTHON, 1982). Entretanto, Conradie; Saayman (1980) alertam para o fato de que altos níveis de potássio no solo resultam em deficiência de nitrogênio, refletindo na qualidade do vinho obtido.

Etourneaud; Loué (1984) afirmam que a resposta das videiras à fertilização potássica é afetada por fatores como conteúdo de argila do solo, saturação da CTC  $pH_{7,0}$  do solo e relação K/Mg do solo. Uma das hipóteses levantadas por Dal Bó (1993), para uma baixa absorção de potássio, seria uma disponibilidade excessiva de magnésio no solo, devido, por exemplo, ao tipo de calcário utilizado.

Na tabela 8, observa-se a variabilidade da argila, de acordo com as classes propostas pela CQFS (2004). Percebe-se que 10,5% da área enquadra-se na classe 4, ou seja, faixa de argila menos que 20%, enquanto que 89,5% da área se enquadra na classe textural 3, ou seja, na faixa de 21 a 40%. Na Figura 16, está representada a distribuição espacial dos teores de argila no solo.

**Tabela 8 - Interpretação de teores de Argila (CQFS, 2004), área em hectares e o percentual de área para área em estudo de Encruzilhada do sul, RS**

<b>Argila</b>			
Intervalo	Classe Textural	Condição	Área
----%---		---%---	ha
≤ 20	4	10,5	0,25
21 – 40	3	89,5	2,14
41 – 60	2	0	0
> 60	1	0	0

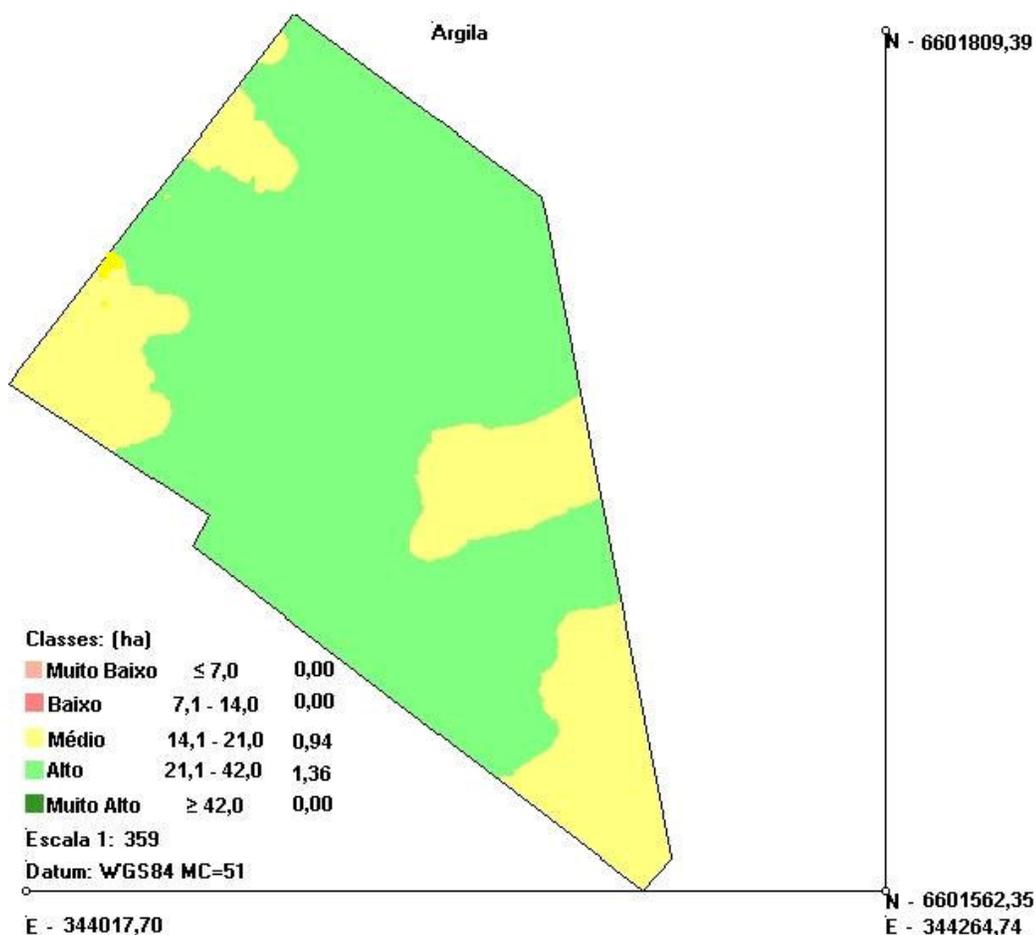


Figura 16 - Classes de argila no solo conforme classificação da Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS.

Com relação ao fósforo (Tabela 9), observa-se que 0,26 ha se encontram na classe 4 de solo, conforme o teor de argila destes; em 0,13 ha, o teor de fósforo foi considerado baixo, demandando de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha neste caso seria necessário aplicar 7,8 kg de  $P_2O_5$  em 0,13 ha; e nos restantes 0,13 ha, o teor de fósforo foi considerado médio, a demanda necessária para a correção seria de 30 kg de  $P_2O_5$ /ha ou seja, seria necessário aplicar 3,9 kg de  $P_2O_5$  em 0,13 ha. Os demais 2,14 ha, encontram-se na classe de solo 3. Nesta classe, foi observado que 0,25 ha, esta na faixa de interpretação média, necessitando de 30 kg de  $P_2O_5$ /ha para a correção, logo para 0,25 ha seria necessário a aplicação de 7,5 kg de  $P_2O_5$ . Do restante da área que se encontra nessa classe, 1,26 ha está na faixa de interpretação alta e 0,63 ha na faixa de interpretação muito alta, respectivamente, não sendo necessário a aplicação de  $P_2O_5$  na área. Com a aplicação a taxa variada

seria necessário a aplicação de 19,2 kg de  $P_2O_5$  em 2,4 ha. Vale ressaltar, que se a aplicação seria realizada a taxa fixa, não seria necessário a aplicação de  $P_2O_5$  na área, pois pela média das amostras o teor de argila de 23% encontra-se na classe de solo 4 interpretado com alto teor de fósforo no solo. Na Figura 17, está representada a distribuição espacial dos teores de fósforo no solo. Segundo Lemainski (2007), a variabilidade de fósforo encontrada em uma área pode ser atribuída aos fatores de formação do solo. Igual importância deve ser dada à ação antrópica, que contribui para o aumento da variabilidade, na qual o manejo tradicional da área desconsidera a variabilidade do teor de argila e outros atributos do solo.

**Tabela 9 - Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1 (CQFS, 2004), conforme o teor de argila e as respectivas condições em que se encontra a área em estudo, e a quantidade a ser aplicado. Encruzilhada do Sul, RS.**

Classe de solo conforme o teor de argila (1)						
Interpretação	Condição Área	Classe 4	$P_2O_5$ Aplicar	Condição Área	Classe 3	$P_2O_5$ Aplicar
	ha		kg ha <sup>-1</sup>	ha		kg ha <sup>-1</sup>
Muito Baixo		≤ 7,0			≤ 4,0	
Baixo	0,13	7,1 – 14,0	7,8		4,1 – 8,0	
Médio	0,13	14,1 – 21,0	3,9	0,25	8,1 – 12,0	7,5
Alto		21,1 – 42,0		1,26	12,1 – 24,0	
Muito Alto		> 42,1		0,63	> 24,0	

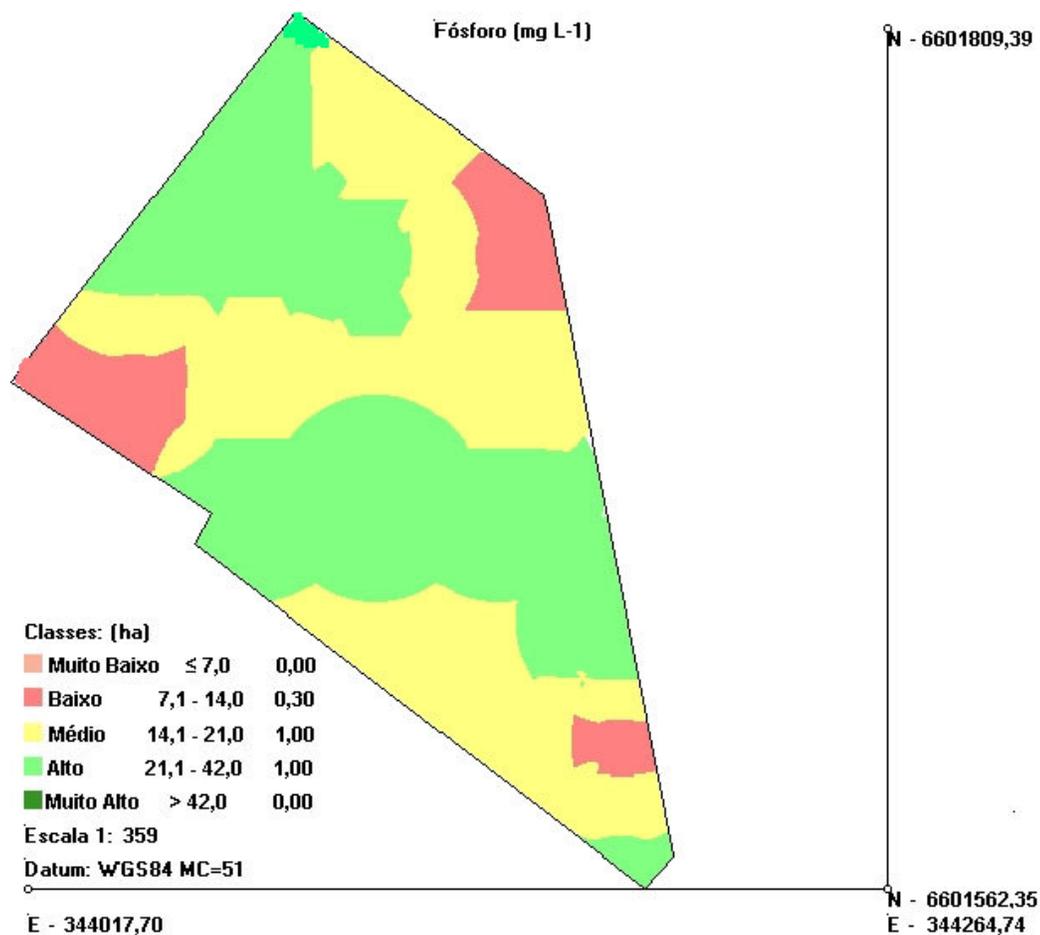


Figura 17 - Classes de fósforo no solo segundo a classificação da Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC na quadra porteira no ano de 2007. Encruzilhada do Sul, RS.

#### 4.3 Dependência espacial dos atributos do solo e de planta

A análise geoestatística, de acordo com os critérios de Guimarães (2004), mostrou que todas as variáveis de solo apresentaram forte dependência espacial, com valores menores de 25% (Tabela 10). De acordo com os resultados encontrados por Carvalho (2003), os resultados dos atributos de solos estudados também apresentaram forte dependência espacial. Para as variáveis de planta, apenas a variável número de cachos por planta apresentou moderada dependência espacial (25% a 75%), as demais apresentaram forte dependência espacial (Tabela 11).

Ajustou-se o modelo exponencial para o SMP, argila, cálcio magnésio, alumínio, ácido tartárico, número de cachos, peso por planta e peso por cacho, na safra de 2007. Para as variáveis nitrogênio, matéria orgânica, potássio, fósforo, potencial alcoólico, na safra de 2007 e, na safra de 2008, o ácido tartárico, o potencial alcoólico, o número de cachos por planta, o peso por cacho de uva e o número de gemas por planta, foram ajustados semivariogramas do tipo esférico. Em relação ao modelo de ajuste do semivariograma, os dados de solo do presente trabalho, em parte, ficaram de acordo com os de Salviano et al. (1998), que obtiveram semivariogramas ajustados ao modelo esférico para o fósforo, a matéria orgânica, o pH e o potássio. Os casos discrepantes de ajuste de semivariogramas foram o do alumínio, o do magnésio e o do cálcio, que pelo presente ajustaram-se ao modelo exponencial.

Os atributos que apresentaram forte dependência espacial são mais influenciados por propriedades intrínsecas do solo, como textura e mineralogia, enquanto que os que apresentaram fraca dependência são mais influenciados por fatores externos, principalmente pelo manejo do solo (CAMBARDELLA et al., 1994). Desta forma, o manejo utilizado tem ampla influência sobre a dependência espacial dos principais atributos do solo, uma vez que o tipo e o teor dos constituintes mineralógicos da fração argila determinam uma série de características físicas e químicas do solo.

**Tabela 10 – Parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados aos dados de variabilidade dos atributos químicos do solo do vinhedo “quadra porteira”. Encruzilhada do Sul, RS, 2007**

Variável	Modelo	Co	C	$[\text{Co}/(\text{Co} + \text{C})] * 100$	(Co+C)	A	P	R <sup>2</sup>
				---%---		m		
pH	Esférico	0,001	0,79	0,11	0,80	71,00	0,99	0,81
SMP	Exponencial	0,001	1,29	0,11	1,30	71,00	0,99	0,81
Argila	Exponencial	0,001	0,64	0,14	0,65	30,06	0,99	0,37
Ca	Exponencial	0,001	1,81	0,05	1,82	71,00	0,99	0,45
Mg	Exponencial	0,007	2,53	0,29	2,54	71,00	0,99	0,43
Al	Exponencial	0,001	1,41	0,05	1,42	68,96	0,99	0,37
N	Esférico	0,003	1,24	0,26	1,25	59,77	0,99	0,56
MO	Esférico	0,001	1,14	0,07	1,15	62,81	0,99	0,71
K	Esférico	0,000	0,43	0,05	0,43	53,65	1,00	0,49
P	Esférico	0,002	1,18	0,19	1,19	53,20	0,99	0,62

Pepita (Co): semivariância no ponto zero; Patamar (Co+C): semivariância a um espaço maior que a distância do alcance; Alcance (a): distância após a qual os valores das propriedades não são espacialmente correlacionados; Modelos ajustados aos semivariogramas experimentais: Esférico e Exponencial. Dependência espacial (forte < 25%; moderada 25 a 75%; fraca > 75% a 100 e > 100 efeito pepita puro); Guimarães, (2004).

O alcance é de fundamental importância para a interpretação dos semivariogramas. Ele indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (SOUZA et al., 1997; VIEIRA, 1997), ou seja, o limite da dependência espacial da variável. Ou seja, determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance têm distribuição espacial aleatória e, por isso, são independentes entre si, podendo ser aplicada a estatística clássica. Por outro lado, determinações realizadas em distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas as outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores que os amostrados. Isto mostra que o alcance da dependência espacial depende da variável e que, se as amostragens realizadas nesta área considerassem o alcance, os dados obtidos poderiam representar melhor a realidade da área amostrada. Com o conhecimento do alcance da dependência espacial, define-se o raio de amostragem, para garantir em uma amostragem futura, nas áreas em

questão, a independência dos pontos amostrais, diminuindo assim o trabalho na coleta e no número de amostras.

**Tabela 11 – Modelos e parâmetros de semivariogramas para os dados de produtividade e de parâmetros enológicos do mosto da uva *Pinot Noir*. Encruzilhada do Sul, RS, 2007- 2008**

Variáveis	Modelo	Co	C	$\frac{(Co/(Co+C))^*}{100}$	(C0+C)	A	P	R <sup>2</sup>
<b>Safra 2007</b>								
				---%---				
				m				
AT (g/L)	Exponencial	0,510	1,90	21,0	2,41	59,59	0,79	0,14
PA (°Baumé)	Esférico	0,000	0,85	0,05	0,85	18,42	1,00	0,37
N° cachos	Exponencial	0,78	0,44	40,0	1,22	58,24	0,60	0,04
Peso/Planta (kg)	Exponencial	0,24	1,87	11,0	2,12	35,16	0,89	0,24
Peso/Cacho (kg)	Exponencial	0,08	0,88	3,0	2,70	56,98	0,97	0,31
<b>Safra 2008</b>								
AT (g/L)	Esférico	0,001	1,21	0,08	1,22	21,72	0,99	0,53
PA (°Baumé)	Esférico	0,000	1,08	0,03	1,08	20,47	1,00	0,53
N° cachos	Esférico	0,15	1,06	13,0	1,21	20,03	0,87	0,13
Peso/Planta (kg)	Esférico	0,001	1,23	0,08	1,24	20,42	0,99	0,42
Peso/Cacho (kg)	Esférico	0,002	1,18	0,18	1,19	22,89	0,82	0,37
N° Gemas	Esférico	0,001	0,88	0,11	0,88	13,33	0,99	0,17

Ácido Tartárico (AT); Potencial Alcoólico (PA); Pepita (Co): semivariância no ponto zero; Patamar (Co+C): semivariância a um espaço maior que a distância do alcance; Alcance (a): distância após a qual os valores das propriedades não são espacialmente correlacionados; Modelos ajustados aos semivariogramas experimentais: Esférico e Exponencial. Dependência espacial (forte < 25%; moderada 25 a 75%; fraca > 75% a 100 e > 100 efeito pepita puro); Guimarães, (2004).

Foi verificado que o alcance variou de 30 m a 71 m para os atributos do solo. Portanto, para garantir a dependência espacial, pontos de amostragem deveriam ser coletados a uma distância menor que o alcance. Para a argila, o alcance de 30,06 m ficou fora no limite da malha de amostragem de 35 X 35 m não tendo dependência espacial entre as amostras. Para os demais nutrientes poderia ser adotado uma

malha maior, pois foi observado alcance de até 71 m para o pH, SMP, cálcio e magnésio, ou seja, os pontos amostrais garantiram as informações sobre a distribuição espacial dos valores a eles alocados. Para o alumínio, o nitrogênio, a matéria orgânica, o potássio e o fósforo, o alcance foi de 68,9 m, 59,8 m, 62,8 m, 53,6 m e 53,2 m, respectivamente. Para uma futura amostragem os resultados obtidos servirão de subsídio para a determinação do número de amostras a serem coletadas.

Para os atributos de planta, observou-se que, na safra 2007, as distâncias do alcance foram 59,6 m, para o ácido tartárico, 58,2 m para o número de cachos por planta, 35,2 m para peso por planta, e 53,2 para o peso por cacho de uva. Para a variável potencial alcoólico, a distância da coleta de 35 m de cada amostras de, foi maior do que o alcance, neste caso, as amostras são independentes entre si e a variação é aleatória. Na safra de 2008, as distâncias de alcance foram 21,7 m para o ácido tartárico, 20,5 m para o potencial alcoólico, 20,03 m para o número de cachos por planta, 20,42 m para peso por planta, 22,89 m para peso por cacho e 13,33 m para número de gemas por planta.

Observou-se, entretanto, que a malha de amostragem de 35 X 35 m para os parâmetros de solo e para a maioria dos parâmetros de planta para a safra 2007 foi adequada, portanto para os parâmetros de planta da safra 2008, esta malha não foi adequada, onde seria necessária uma malha de amostragem mais densa para determinar a dependência espacial de cada atributo de planta.

As Figuras 18, 19 e 20 representam os semivariogramas experimentais das variáveis analisadas de solo e de planta nas safras 2007 e 2008, respectivamente, e os modelos ajustados para os casos que apresentam estrutura de dependência espacial. Os modelos de semivariogramas resultam do ajuste de uma curva aos valores de semivariância obtidos para cada distância.

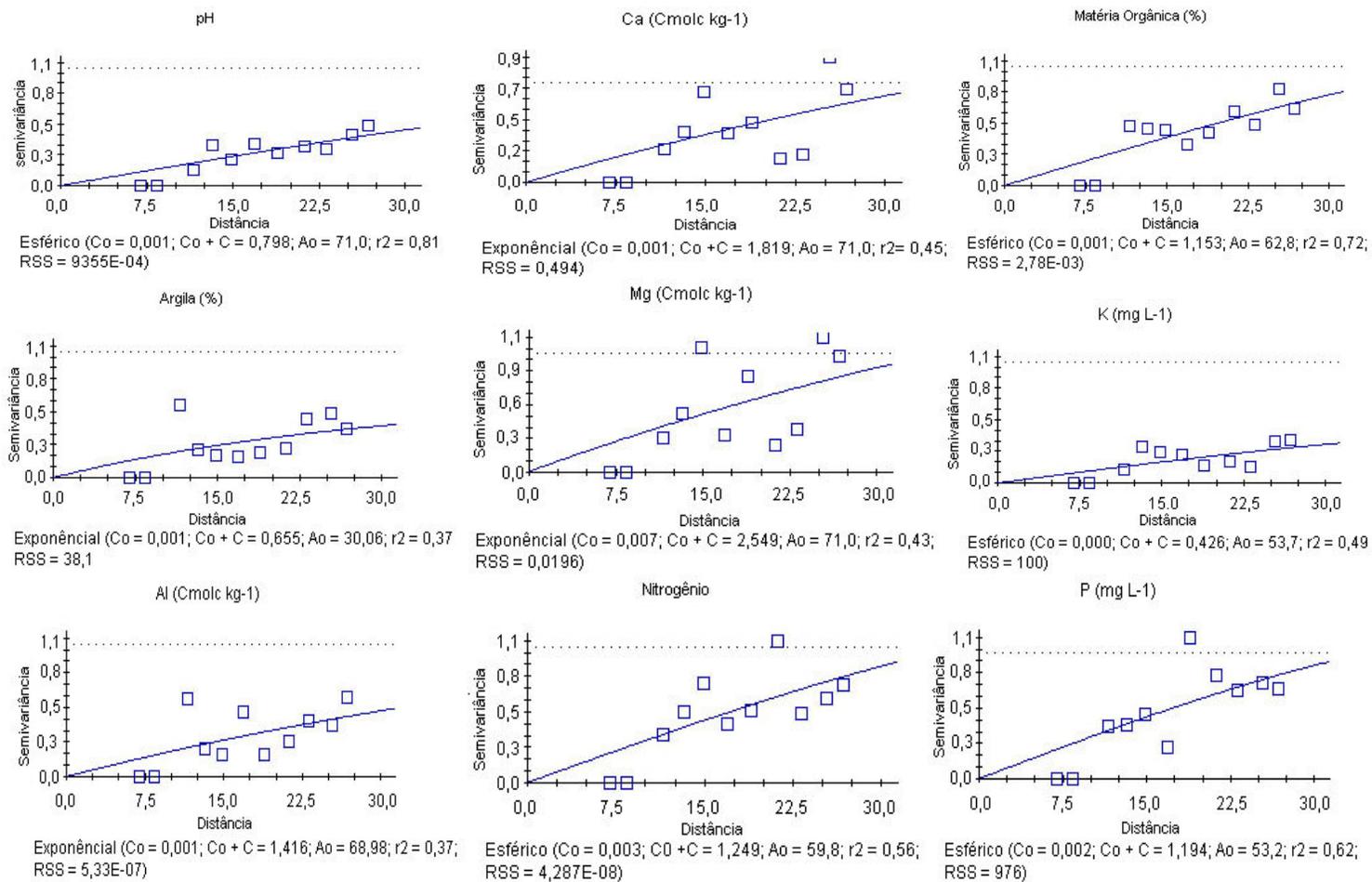
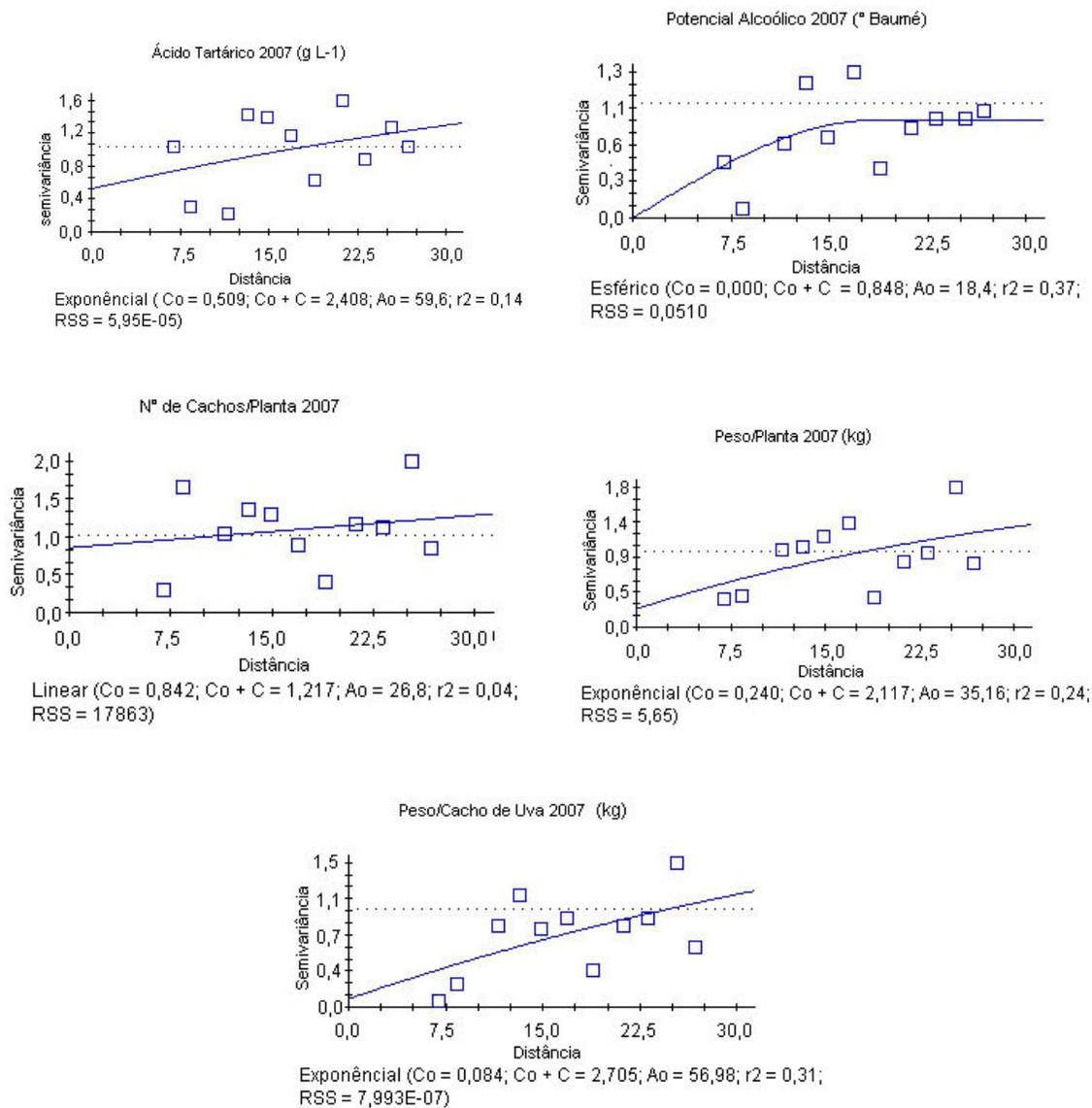
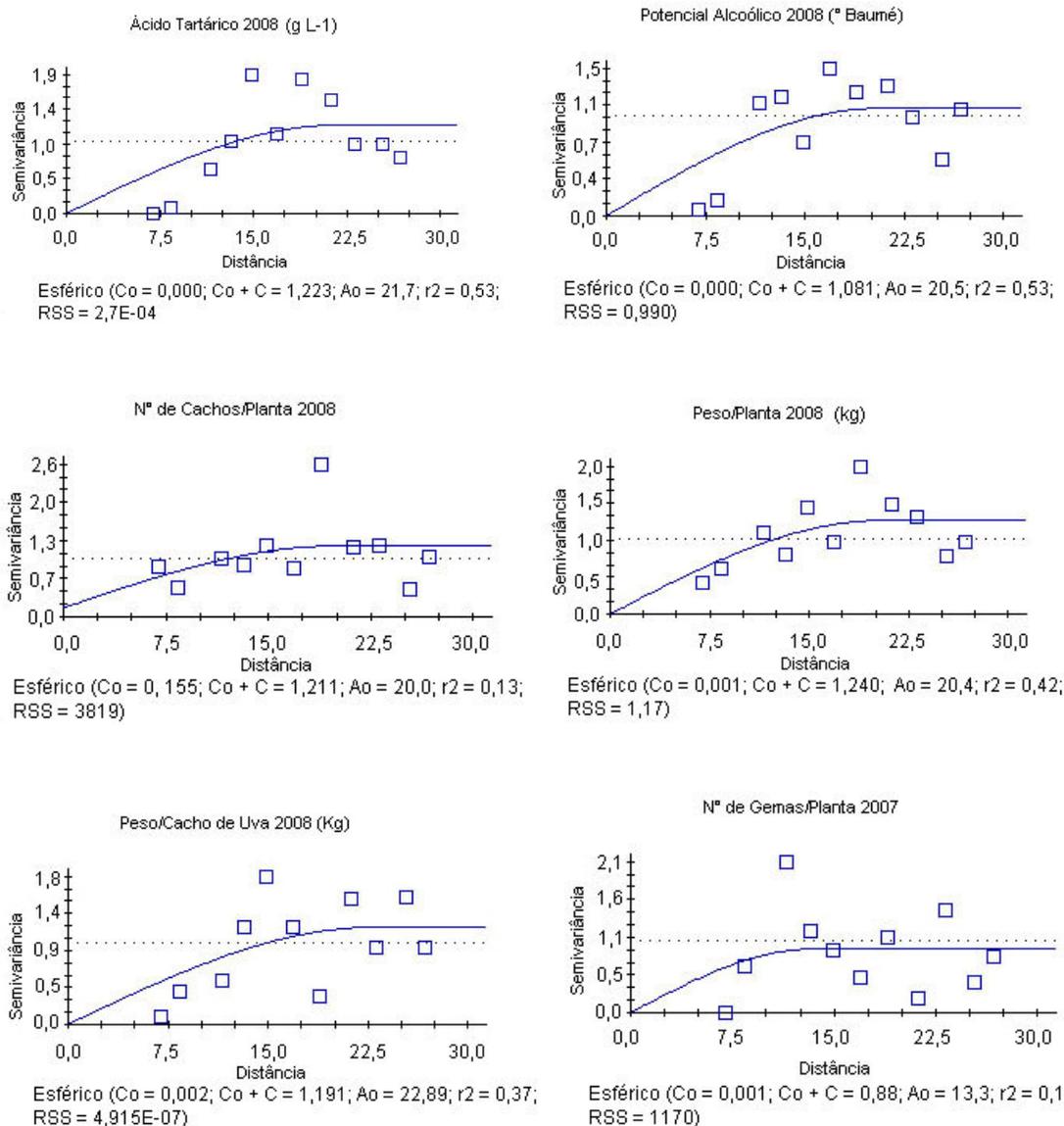


Figura 18 - Semivariogramas dos atributos químicos do solo na quadra porteira. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.



**Figura 19 - Semivariogramas dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso por planta de uva, e peso por cacho de uva na safra 2007, da quadra porteira. Encruzilhada do Sul, RS, 2007.**



**Figura 20 - Semivariogramas dos atributos de planta, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos por planta, peso por planta de uva, e peso por cacho de uva e número de gemas por planta, na safra 2008, da quadra porteira. Encruzilhada do Sul, RS, 2008.**

#### 4.4 Correlação entre os atributos químicos do solo e produtividade e parâmetros enológicos da uva

Os resultados da análise de correlação entre os valores dos atributos do solo, pH, SMP, Argila, cálcio, magnésio, alumínio, nitrogênio, matéria orgânica, potássio e fósforo e os atributos de planta, na safra 2008, ácido tartárico, potencial alcoólico,

número de cachos de uva por planta, peso por planta, peso por cachos de uva e número de gemas por planta estão representados na Tabela 12.

**Tabela 12 - Correlações entre os atributos químicos do solo e os atributos de planta (parâmetros enológicos e de produtividade). Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008.**

	pH	SMP	Argila	Ca	Mg	Al	N	MO	K	P
<b>AT 07</b>	-0,033	0,036	0,036	-0,082	-0,101	0,007	-0,082	0,096	-0,050	0,073
<b>P</b>	0,775	0,754	0,754	0,477	0,378	0,951	0,475	0,401	0,662	0,525
<b>PA 07</b>	0,046	-0,014	-0,034	0,128	0,097	-0,020	0,268*	0,129	0,011	0,073
<b>P</b>	0,689	0,900	0,768	0,265	0,398	0,865	0,018	0,260	0,921	0,527
<b>NC 07</b>	0,081	0,084	-0,002	0,067	0,007	-0,096	-0,011	0,105	0,077	0,167
<b>P</b>	0,480	0,465	0,984	0,559	0,955	0,402	0,923	0,360	0,503	0,145
<b>PP 07</b>	0,026	0,011	0,054	0,135	0,063	-0,079	0,059	0,088	-0,009	0,138
<b>P</b>	0,820	0,924	0,638	0,237	0,586	0,494	0,606	0,442	0,936	0,229
<b>PC 07</b>	-0,021	-0,071	0,114	0,269	0,183	-0,039	0,156	0,085	-0,109	0,081
<b>P</b>	0,854	0,539	0,320	0,017	0,109	0,738	0,174	0,459	0,344	0,483
<b>AT 08</b>	0,105	0,020	0,027	0,280*	0,281*	-0,097	0,109	0,155	0,058	0,135
<b>P</b>	0,360	0,865	0,816	0,013	0,013	0,400	0,341	0,177	0,615	0,240
<b>PA 08</b>	-0,210	-0,200	0,012	-0,121	-0,220	0,175	-0,090	0,018	-0,308*	-0,264*
<b>P</b>	0,066	0,080	0,917	0,291	0,053	0,125	0,436	0,876	0,006	0,020
<b>NC 08</b>	-0,033	-0,030	0,014	0,007	-0,025	0,068	-0,186	0,092	-0,103	-0,050
<b>P</b>	0,774	0,792	0,904	0,954	0,831	0,553	0,103	0,425	0,368	0,665
<b>PP 08</b>	-0,117	-0,108	0,019	-0,041	-0,062	0,115	-0,122	0,022	-0,144	-0,123
<b>P</b>	0,306	0,347	0,871	0,723	0,589	0,318	0,287	0,849	0,207	0,282
<b>PC 08</b>	-0,140	-0,137	0,032	-0,071	-0,042	0,102	0,093	-0,055	-0,056	-0,135
<b>P</b>	0,220	0,231	0,784	0,538	0,715	0,376	0,416	0,635	0,628	0,239
<b>NG 08</b>	0,011	0,048	-0,012	-0,028	0,029	-0,033	-0,059	-0,005	-0,009	-0,152
<b>P</b>	0,926	0,678	0,918	0,805	0,802	0,778	0,607	0,962	0,935	0,184

Ácido Tartárico (AT), Potencial Alcoólico (PA), Número de Cachos por planta (NC), Peso de Uva por planta (PP), Peso por Cacho de Uva (PC), Número de Gemas (NG), Probabilidade (p) Teste de Probabilidade significativa a  $p < 0,05$  (\*), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Nitrogênio (N), Matéria Orgânica (MO), Potássio (K) e Fósforo (P).

Com base nos coeficientes de correlação de Pearson propostos por Hopkins (2000), observou-se, na safra 2007, que de todos os atributos de solos, o único que apresentou correlação significativa, tomando por base os níveis de significância, com a probabilidade menor de 5% ( $< 0,05$ ), foi o nitrogênio com o potencial alcoólico do mosto da uva, sendo esta correlação de 0,27. Richter (2008) descreve que os

compostos nitrogenados são encontrados no solo, nas formas orgânicas (proteínas, aminoácidos, entre outras) e inorgânicas ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) ou na forma de uréia, e assumem diversos papéis importantes, no que se refere à composição e à qualidade do mosto da uva.

Na safra 2008, os nutrientes cálcio e magnésio apresentaram maiores correlações positivas com o ácido tartárico do mosto da uva, sendo estas correlações de 0,28, respectivamente. Apesar dos resultados, não foram encontrados na literatura registros que amparem estes resultados. Em estudos feitos por Tecchio et al. (2006), verificou-se correlações positivas entre o magnésio no solo e nas folhas, ocorreram ainda correlações negativas entre produtividade e concentração foliar de magnésio, resultado também encontrado por MÁJER (2004) e BLUM (2008). Nesta safra, em relação ao potássio e ao fósforo, observou-se correlação negativa com o potencial alcoólico, com correlações de -0,31 e -0,26, respectivamente. Rizzon et al. (1998) encontraram correlação positiva entre o K do solo e do mosto. Entretanto, segundo Zoecklein et al. (1994), a absorção de K pelas raízes da videira parece ser independente da disponibilidade de cátion no solo, pois altas concentrações desse mineral não resultam, obrigatoriamente, em teores elevados de K no mosto. No presente estudo, não foram verificadas correlações entre os atributos de solo e a produtividade.

#### **4.5 Correlação entre as safras 2007 e 2008, dos atributos de produtividade e dos parâmetros enológicos**

Os resultados da análise de correlação entre os valores dos atributos das safras 2007 e 2008, ácido tartárico, potencial alcoólico, número de cachos de uva por planta, peso por planta, peso por cachos de uva e número de gemas por planta estão representados na Tabela 13.

Dentre todos os componentes de safra, sejam eles de produtividade ou enológicos, verificou-se, na safra 2007, que o número de cachos por planta correlacionou-se significativamente ( $p < 0,05$ ) e positivamente com resultados de peso por planta e peso por cacho, com correlações de 0,86 e 0,31, respectivamente. Isto pode ser explicado pelo fato de que os atributos de produtividade exercem

grande influência entre eles na mesma safra. Ao se verificar as correlações entre safras, observou-se que o número de cachos por planta, na safra 2007, correlacionou-se negativamente com peso por planta e com peso por cacho, na safra 2008. A distribuição espacial destes atributos está representada na figura 15.

Na safra de 2008, a análise de correlação entre os parâmetros de produtividade e os parâmetros enológicos revelou correlação significativa ( $p < 0,05$ ) e negativa entre o ácido tartárico e o potencial alcoólico, sendo esta correlação de -0,46. Isso é esperado, pois na fase de maturação da uva, conforme o teor de açúcar no mosto aumenta, na acidez do mosto, ocorre o processo inverso, ou seja, ocorre a diminuição da acidez. O ácido tartárico também apresentou correlação significativa ( $p < 0,05$ ) e negativa com peso por planta e peso por cacho de uva, sendo estas correlações de -0,32 e -0,27, respectivamente.

Entre os parâmetros de produtividade, na safra 2008, observou-se correlações significativas e positivas entre número de cachos por planta e peso por planta e número de gemas, sendo as correlações de 0,79 e 0,41. Na variável peso por planta, também se observou correlação significativa e positiva com a variável peso por cacho, com correlação de 0,51.

**Tabela 13 - Correlações entre os atributos químicos do solo e os atributos de planta (parâmetros enológicos e de produtividade). Encruzilhada do Sul, RS, 2007-2008.**

	<b>AT 07</b>	<b>PA 07</b>	<b>NC 07</b>	<b>PP 07</b>	<b>PC 07</b>	<b>AT 08</b>	<b>PA 08</b>	<b>NC 08</b>	<b>PP 08</b>	<b>PC 08</b>	<b>NG 07</b>
<b>AT 07</b>	1	-0,197	0,078	-0,101	-0,164	0,120	0,184	0,117	0,093	0,012	-0,087
<b>p</b>		0,085	0,499	0,377	0,152	0,296	0,107	0,308	0,418	0,918	0,449
<b>PA 07</b>	-0,197	1,000	-0,088	0,002	0,153	0,032	0,001	0,036	-0,043	-0,155	-0,113
<b>p</b>	0,085		0,445	0,989	0,181	0,782	0,996	0,755	0,711	0,174	0,325
<b>NC 07</b>	0,078	-0,088	1,000	0,858*	0,316*	0,022	0,094	-0,129	-0,251*	-0,237*	-0,056
<b>p</b>	0,499	0,445		<,0001	0,005	0,852	0,413	0,261	0,026	0,036	0,628
<b>PP 07</b>	-0,101	0,002	0,858*	1,000	0,700*	-0,090	0,130	-0,169	-0,191	-0,081	-0,002
<b>p</b>	0,377	0,989	<,0001		<,0001	0,435	0,257	0,138	0,093	0,480	0,990
<b>PC 07</b>	-0,164	0,153	0,316*	0,700*	1,000	-0,067	0,139	-0,088	0,021	0,145	0,073
<b>p</b>	0,152	0,181	0,005	<,0001		0,558	0,226	0,444	0,857	0,205	0,526
<b>AT 08</b>	0,120	0,032	0,022	-0,090	-0,067	1,000	-0,463*	-0,134	-0,317*	-0,274*	-0,163
<b>p</b>	0,296	0,782	0,852	0,435	0,558		<,0001	0,244	0,005	0,015	0,155
<b>PA 08</b>	0,184	0,001	0,094	0,130	0,139	-0,463*	1,000	-0,002	0,132	0,143	-0,022
<b>p</b>	0,107	0,996	0,413	0,257	0,226	<,0001		0,983	0,249	0,211	0,849
<b>NC 08</b>	0,117	0,036	-0,129	-0,169	-0,088	-0,134	-0,002	1,000	0,794*	-0,097	0,411*
<b>p</b>	0,308	0,755	0,261	0,138	0,444	0,244	0,983		<,0001	0,398	0,000
<b>PP 08</b>	0,093	-0,043	-0,251*	-0,191	0,021	-0,317*	0,132	0,794*	1,000	0,513*	0,304*
<b>p</b>	0,418	0,711	0,026	0,093	0,857	0,005	0,249	<,0001		<,0001	0,007
<b>PC 08</b>	0,012	-0,155	-0,237*	-0,081	0,145	-0,274*	0,143	-0,097	0,513*	1,000	-0,052
<b>p</b>	0,918	0,174	0,036	0,480	0,205	0,015	0,211	0,398	<,0001		0,654
<b>NG 07</b>	-0,087	-0,113	-0,056	-0,002	0,073	-0,163	-0,022	0,411*	0,304*	-0,052	1,000
<b>p</b>	0,449	0,325	0,628	0,990	0,526	0,155	0,849	0,000	0,007	0,654	

Ácido Tartárico (AT), Potencial Alcoólico (PA), Número de Cachos por planta (NC), Peso de Uva por planta (PP), Peso por Cacho de Uva (PC), Número de Gemas (NG), Probabilidade (p) Teste de Probabilidade significativa a  $p < 0,05$  (\*).

## 5 CONCLUSÕES

Dos atributos de solo estudados, os teores de fósforo, potássio, matéria orgânica e o alumínio apresentaram variabilidade espacial. Dos atributos de planta, os parâmetros enológicos não apresentaram variabilidade espacial significativa, enquanto que os parâmetros de produtividade apresentaram variabilidade moderada em ambas as safras amostradas.

Nas safras de 2007 e 2008, não foi observada correlação entre a fertilidade do solo e a produtividade da uva.

Houve correlação positiva entre o ácido tartárico e o nitrogênio na safra 2007.

Na safra de 2008, houve correlação entre os parâmetros enológicos e a fertilidade do solo. Com o ácido tartárico houve correlação positiva com o cálcio e o magnésio, sendo que o potencial alcoólico apresentou correlação negativa com o fósforo e o potássio.

Não foi observada correlação entre os demais nutrientes do solo com a produtividade da uva ou com a qualidade do mosto, em ambas as safras.

A malha de amostragem de 35 X 35 m mostrou-se adequado para determinar a dependência espacial das amostras de solo, com exceção para a argila que o alcance encontrar ficou inferior a 35 m. Na safra 2007, esta mesma malha de amostragem também mostrou-se adequada para os parâmetros de produtividade e ácido tartárico. Já para o potencial alcoólico a malha amostral adequada seria de 18 X 18 m. Na safra 2008, a malha de amostragem mostrou-se inadequada para todos os parâmetros analisados, neste caso a malha adequada para representar todas as variáveis seria de 13 X 13 metros.

Em caso de aplicação de calcário a taxa variável observou-se uma economia de 700 kg de calcário. O mesmo não foi observado com o fósforo e com o potássio, no caso de aplicação a taxa variável, pois aumentaria a quantidade do produto aplicado, isso se dá pelo fato dos teores dos mesmos no solo serem adequados.

## **6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Acredita-se que é necessário a utilização de malha de amostragens distintas para solo e planta.

Serão necessários novos estudos sobre a vitivinicultura de precisão e a aplicação de produtos a taxa variada em vinhedos.

Sem um suporte técnico, muitos viticultores podem se sentir relutantes em mudar suas tradicionais práticas de manejo. Contudo, uma base de dados de produtividade, qualidade e fertilidade do solo, contém uma vasta quantidade de informações que podem ser utilizadas para manejar cada sitio-especifico do vinhedo. E, para isso, é necessária a aplicação de ferramentas da vitivinicultura de precisão.

## 7 REFERÊNCIAS

ABE. **Associação Brasileira de Enólogos**. Premiações. 2006. Disponível em: <[http://www.enologia.org.br/lista\\_categorias.asp?idcategoria=6&sSecao=premiações](http://www.enologia.org.br/lista_categorias.asp?idcategoria=6&sSecao=premiações)> Acesso em: 25 Jul 2007.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev., e ampl. Brasília: Embrapa SPI / Embrapa CPAC, 1998, 434 p.

BAGLIETTO, S. H. Zonificación vitícola – la experiencia en Chile. In: TALLER – SEMINARIO: ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE LA VID, TERROIR – TERRUÑO Y POTENCIAL DE COSECHA. 2003, Montevideo. **Anais...** Montevideo: REDE XIX.C., Rede Ibero-Americana de Vitivinicultura, 2003. p. 8-19.

BALASTREIRE, L. A. **A Estado-da-Arte da Agricultura de Precisão no Brasil**. 1. ed. Piracicaba: L.A. Balastreire, 2000.. 224 p. v. 1.

BLUM, J. **Alterações químicas do solo e resposta da videira niagara rosada à aplicação de gesso agrícola**. 2007, 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Fertilidade de gemas em videiras: fisiologia e fatores envolvidos. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p 129-144, jan./jun. 2006.

BOULTON, R. The general relationship between potassium, sodium and pH in grape juices and wines. **American Journal of Enology and Viticulture**. Davis, v. 31, n. 2, p. 182-186, Apr./June 1980.

BRANCADORO, L. et al. Viticoltura di precisione assistita da satellite in Franciacorta: lê attività realizzate nel 2005. In: WORKSHOP CITIMAP, 2006, Piacenza. **Anais...** Piacenza, 2006, 18 p.

CAMBARDELA, C. A. et al. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, Sept./Oct. 1994.

CAMARGO, U. A. Tecnologia vitícola: novas variedades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA. 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2003. p. 127-128.

CASTRO, C. N. **Definição de unidades de gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa, n. 27, p. 605-703, 2003.

CERRI, D. G. P. **Desenvolvimento de um sistema de aplicação localizada de calcário a taxas variáveis**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 400 p.

CONRADIE, W. J.; SAAYMAN, D. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on chenin blanc vines. II. Leaf analysis and grape composition. **American Journal of Enology and Viticulture**. Davis v. 40, n. 2, p. 91-98, Jun. 1989

CORÁ, J. E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de Cana-de-açúcar. **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa, n. 28, p. 1013-1021, 2004.

CORÁ, J. E.; BERBALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após a calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 374-387, maio/ago. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n2/05.pdf> Acesso em: 08 mar. 2008.

CORRÊA, A. N. **Abordagem de espaço de estados no relacionamento entre atributos físicos do solo e produtividade do trigo**, 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

COSTA, F. **Avaliação do estado nutricional da videira cultivar Itália em três estádios de desenvolvimento, na região de Jundiá-SP, utilizando o método DRIS**. 1998. 96. f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; Imagens CBERS + Imagens SRTM + Mosaicos GeoCover LANDSAT em ambiente SPRING e TerraView: Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. 2005, Goiânia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 16-21.

DAL BO, M.A. Nutrición y abonado de la vid. **Viticultura / Enología profesional**. n. 24, p. 9-13, 1993.

DOSSO, P.; SPEZIA, G. Viticoltura di precisione grande risorsa per il futuro. **Revista L'informatore Agrario**. Verona, n. 24, p. 58-63, giug. 2006.

DAINASE, R. C. et al. Análise do potencial de parâmetros espectro-temporais de imagens orbitais para mapeamento da produtividade em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004 1CD-ROM.

DELLAMEA, R. B. C. **Eficiência da adubação a taxa variável em áreas manejadas com agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. 2008, 162 f, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. 2007. 149 f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Manual de Métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

ESSER, A. A. **Aplicaciones de la viticultura de precisión en Chile**. 2002. 26 f. Trabajo de finalización del curso (Graduación en Agronomía) - Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.

ESSER, A. A.; ORTEGA BLU, R. Aplicaciones de la viticultura de precisión en Chile: Estudio de casos. **Agronomía y Forestal**, Santiago, v. 5, n. 17, p.17-21, mayo/jun., 2002.

ETOURNEAUD, F.; LOUÉ, A. L'ê diagnostic petiolare de la vigne em relation avec l'interpretation de l'analyse de sol pour le potassium et le magnesium. **Progres Agricole et Viticole**, Montpellier, v. 101, n. 23, p. 561-568, Nov., 1984.

FARIAS, P. R. S. et al. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 235-241, ago. 2003.

FILHO, J. L.; IOCHPE, C. **Introdução a sistemas de informações geográficas com ênfase em banco de dados**. 1996. 53 f. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Informática; Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Informática. (Apostila). Disponível em:< <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2006.

FERRER, M. et al. Optimización del manejo del viñedo para disminuir la incidencia de Botrytis SP. In: TALLER – SEMINARIO: ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE LA VID, TERROIR – TERRUÑO Y POTENCIAL DE COSECHA. 2003, Montevideo. **Anais...** Montevideo, REDE XIX.C., Rede Ibero-Americana de Vitivinicultura, 2003. p. 89-97.

FLORES, C. A. et al. Levantamento semidetalhado dos solos na Serra do Sudeste, RS, como subsídio ao zoneamento vitivinícola: folha Encruzilhada do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 12., 2008. Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 2008, p. 91.

FREITAS, V. A. **Análise de dados espaciais por meio de semivariogramas**. 2000. 30 f. Monografia (Graduação em Matemática) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

FRIDGEN, J. J.; FRAISSE, C. W.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A. Delineation and analysis of site-specific management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSPATIAL INFORMATION IN AGRICULTURE AND FORESTRY, 2. 2000, Lake Buena Vista. **Proceedings...** Florida, 2000. p. 10-12.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. p 1-10. (Circular técnica, n. 171).

GERGOLETTI, I. F. **Avaliação do estado nutricional da videira cultivar Itália em três estádios de desenvolvimento em São Miguel Arcanjo, SP, utilizando o método DRIS**. 1995. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

GÓMEZ-MIGUEL, V. D. Microzonificación vitícola en España. In: TALLER – SEMINARIO: ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE LA VID, TERROIR – TERRUÑO Y POTENCIAL DE COSECHA. 2003, Montevideo. **Anais...** Montevideo, REDE XIX.C., Rede Ibero-Americana de Vitivinicultura, 2003. p. 75-88.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

GONÇALVES, A. C. A. **Geoestatística aplicada ao estudo d avariabilidade espacial em ecossistemas**. 1999. 70 f. Monografia (Especialização em Solos e Meio Ambiente) Universidade Estadual de Maringá. Maringá.

GUIMARÃES, R. V. **Aplicação de geoprocessamento para o aumento da eficiência de percurso em operações agrícolas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**, 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111148/tde-06012005-150421/publico>>. Acesso em: 22 maio 2006.

GROENIGEN, V. J. W. Constrained optimisation of soil sampling for inimization of the kriging variance. **Geoderma**, Amsterdam, v. 87, n. 3-4, p. 239-259, Jan.1999.

HASEGAWA, J. K.; IMAI, N. N.; CAMARGO, P. O. Sistema de aquisição e processamento de dados georreferenciados para aplicação em agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, UFSC, 2004. Disponível em: [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/102.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/102.pdf) Acesso em: 28 set 2006.

HEMPEL, J.W. et al. Challenges to digital soil mapping. IN: GLOBAL WORKSHOP ON DIGITAL SOIL MAPPING, 2, 2006, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro, 2006.

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient**. 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso: 22 setembro. 2008.

JOHANN, J. A. et al. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em um latossolo bruno distrófico da região de Cascavel, PR. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 212-219, maio./dez. 2004.

JONES, G.; SNEAD, N.; NELSON, P. Geology and wine 8. Modeling viticultural landscapes: a GIS analysis of the terroir potencial in the Umpqua Valley of Oregon. **Geoscience Canadá**, Toronto, v. 31, n. 4, p. 167-178, Dec. 2004.

KLEIN, W. L. et al. Altura do Ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*) nos manejos convencional e de precisão, analisada pela geoestatística. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 299-309, out./dez. 2007.

KITCHEN, N. R. et al. Development of a conservation-oriented precision agriculture system: crop production assessment and plan implementation. **Journal of soil and water conservation**. Ankeny, v. 60, n. 6, p. 421-430, Mar./Apr. 2005. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/36221500/cswq-0186-174377.pdf>  
Acesso em: 23 set 2008.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Johannesburg Chemistry Metallurgy Mining Society South African**, v. 52, n. 6, p.119-139, 1951.

KNOB, M. J. **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

LEMAINSKI, I. I. **Agricultura de precisão em áreas irrigadas com pivô central no Rio Grande do Sul**. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

LOVATEL, E. **Fatores empresariais determinantes da competitividade da indústria de vinhos finos da serra gaúcha**. 2002. 178 f. Dissertação (Mestrado Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LUTMAN, P. J. W., PERRY, N. H. Methods of weed patch detection in cereal crops. In: THE BRIGHTON CONFERENCE – WEEDS, 1999, Brighton,. **Anais...** Brighton: [s. n.], 1999. p. 627-634.

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”, características, propriedades e manejo.** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.

MAJÉR, J. Magnesium supply of the vineyards in the Balaton-Highlands. **Acta Horticulture**, v. 652, p. 175-182, Sept. 2004.

MANDELLI, F. Comportamento meteorológico e sua influência na vindima de 2005 na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 6. p. (Comunicado técnico, 58).

MANFROI, L. et al. Evolução da maturação da uva Cabernet Franc conduzida no sistema lira aberta. **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 2, p. 306-313, mar./abr. 2004.

MANZIONE, R. L. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em Araguari – MG.** 2002. 155 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

MATTOSO, M. J. et al. Lucratividade da lavoura de milho sob a ótica da agricultura de precisão. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo., 2004.

MÉDEL, P. A. **Vocação da serra gaúcha esta nos espumantes.** ABE. Associação Brasileira de Enólogos. Artigos. 2005. Disponível em: <[http://www.Enologia.org.br/lista.asp?id\\_categoria=1&sTipo=artigo&sSecao=noticias](http://www.Enologia.org.br/lista.asp?id_categoria=1&sTipo=artigo&sSecao=noticias)>. Acesso em: 03 ago.2007.

MELLO, A. A.; MENEZES, P. M. L.; SAMPAIO, A. C. F. O uso de SIG na pesquisa geográfica voltada para o ensino e a aprendizagem. **Caminhos de Geografia**. Rio de Janeiro, v.10, n. 17, p. 97-116, fev. 2006.

MELLO, L. M. R. P. **Vitivinicultura brasileira: Panorama 2007.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008, p. 4.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p.126-134, set./dez. 2004.

MIRANDA, E. E. et al. Sistemas de informações geográficas na avaliação da sustentabilidade agrícola. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador, **Anais...** Salvador: INPE, p. 39-44.

MIRANDA, N. O. et al. Variabilidade espacial da produtividade do meloeiro em áreas de cultivo fertirrigado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 260-265, abr./jun. 2005.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: o autor, 2001. 83 p.

MOLIN, J. P.; Geração e interpretação de mapas de produtividade para a agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2, 2002a, viçosa. Viçosa: UFV, 2002. cap. 10, p. 1-22. 1CD-ROM Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/CLP%202000.01.PDF>>. Acesso em: 05 Jun. 2006.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, jan. 2002b.

MONICO, J. F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Ed. UNESP, 2000. 287 p.

MONTANARI, R. et al. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.1, p.69-77, jan. 2005.

MORAES, A. L. **Produção da Videira 'Niagara Rosada' em Função da Desfolha Após a Colheita**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-04102004-111755/publico/andre.pdf>>. Acesso em: 05 jul 2006.

MORRIS, J. R. Precision Viticulture - A Mechanized Systems Approach. . In: ASEV/ES SYMPOSIUM COOL CLIMATE OENO VITICULTURE INSTUT SAINT CATHERINES, 2001, Ontario. **Procidings...** p. 103-110 Disponível em: <<http://www.uark.edu/depts/ifse/grapeprog/articles/ccs01wg.pdf>>. Acesso em: 03 Ago. 2006.

MORRIS, J. R.; CAWTHON, D. L. Effect of irrigation, fruit load, and potassium fertilization on yield, quality, and petiole analysis of concord (*Vitis Labrusca* L.) grapes. **American Journal Enology Viticulture**. v. 33, p. 145-148, June1982.

ORTEGA, A. C.; JEZIORNY, D. Denominação de origem e desenvolvimento territorial: estratégia de enfrentamento do mercado de vinhos pelos produtores da Serra Gaúcha-RS-Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA. 12., 2008, Bento Gonçalves, **Anais...** Bento Gonçalves: EMBRAPA, CNPUV, 2008. p. 153. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve12.pdf>. Acesso em: 05 Nov.2008.

ORTIZ, G. C. **Aplicação de métodos geostatísticos para identificar a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial de variáveis físicas do solo.** 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PIROLI, E. L. et al. Análise do uso da terra na microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria – RS, por sistema de informação Geográfica e imagem por satélite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 407-413, jun. 2002.

PROTAS, J. F. S. A produção de vinhos finos: um flash do desafio brasileiro. **Agropecuária Catarinense**, v.21, n.1, p. 17-19, mar. 2008. Disponível em: <[http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/producao\\_vinhos\\_desafio.pdf](http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/producao_vinhos_desafio.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2008.

QUEIROZ, D.M.; DIAS,G.P.; MANTOVANI, E.C.; Modelagem aplicada à agricultura de precisão. In: **2º simpósio internacional de agricultura de precisão**, 2002, Viçosa. CD. Viçosa:UFV, 2002. p.1-17.

REGINA, M.A. et al. Levantamento nutricional e diagnóstico agronômico dos vinhedos de Caldas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 1, p. 15-20, abr. 1998.

RICHTER, G. T. **Nitrogênio total em pecíolos de videiras e nitrogênio amoniacal, assimilável e total em uvas e mostos.** 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.2, p.179-183, maio./jul.1998.

ROSIER, J. P. Novas regiões: vinhos de altitude no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA. 10., 2003, Bento Gonçalves, **Anais...** Bento Gonçalves: EMBRAPA, CNPUV, 2003. p. 137-140. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve10/cbve10-palestra05.pdf>. Acesso em: 05 jul.2008.

RODRIGUES, J. B. T. **Variabilidade espacial e correlação entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão**. 2002. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ROBERTSON, G. P. **GS+ Geostatistics for the environmental sciences: GS user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152 p.

ROQUETE-JALMAR, M. N. Características de las variedades destinadas a la elaboración de cava. **Ace Revista de Enología**. Catalan. n. 29, ene. 2003. Disponível em: [http://www.acenologia.com/ciencia61\\_03.htm](http://www.acenologia.com/ciencia61_03.htm) Acesso em: 15 nov 2008.

SANTI, A. L. **Relação entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão**. 2007, 175 f, Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

SATO, G. S. Vinhos Brasileiros: é possível a internacionalização? **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais da ESPM**, São Paulo, v. 1, n.1, p. 243-259, jul./dez. 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. Statistical analysis system: user's guide. Cary: 1996.

SHIRATSUCHI, L. S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com a utilização de ferramentas da agricultura de precisão**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18032002-142901/publico/Luciano Shiratsuchi.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18032002-142901/publico/Luciano%20Shiratsuchi.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2006.

SHIRATSUCHI, L. S. ; CHRISTOFFOLETI, P. J. ; FONTES, J. R. A. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas**. Planaltina:, Embrapa Informação Tecnológica, 2003. (Embrapa. Documento, 95).

SILVA, C. B. **Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão: um estudo de caso.** 2005. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea*-L em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 15-122, jan./abr. 1998.

SIVERIO, J. J. M. Viticultura de precisión: una radiografía para el diagnóstico. **ACE Revista de Enología**, Catalan, n. 65, ene. 2005. Disponible em: [http://www.acenologia.com/ciencia73\\_03.htm](http://www.acenologia.com/ciencia73_03.htm). Acesso em: 04 jul. 2007.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 21, n. 3, p. 367-372. set./dez. 1997.

SCOTT, S., RANDY, T. Predicting grain yield variability using images. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE. 6., 2000, Minnesota, EUA, **Proceedings...** Minnesota: ASA,CSSA,SSSA Press, 2000. p. 208-215.

SORT, X.; UBALDE, J. M. Aspectos de viticultura de precisión en la práctica de la fertilización razonada. **ACE Revista de Enología**, Catalan, n. 63, ene. 2005. Disponible em: [http://www.acenologia.com/ciencia73\\_03.htm](http://www.acenologia.com/ciencia73_03.htm). Acesso em: 04 jul. 2007.

TÉBAR, M. D. V. **Estudio de um sistema de marcadores microsatélites para la protección y defensa legal de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.)** 2007. 270 f. Tesis Doctoral (Biología Celular y Genética) - Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.

TECCHIO, M. A. et al. Correlação entre a produtividade e os resultados de análise foliar e de solo em vinhedos de Niagara Rosada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 30, n. 6, p. 1056-1064, nov./dez. 2006.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TISSEYRE, B.; TAYLOR, J. An overview of methodologies and technologies for implementing precision agriculture in viticulture. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA. 12., 2008, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: EMBRAPA, CNPUV, 2008. p. 45. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve12.pdf>. Acesso em: 05 Nov.2008.

TRIBONI, H. R.; BARBOSA, J. C.; Estimativa do numero de frutos por amostragem de parte da copa em laranjeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 454-458, Dez 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29)>. Acesso em: 05 jun. 2006.

TONIETTO, J.; FALCADE, I. Vinhos regionais: regulamentação do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA. 10., 2003, Bento Gonçalves.. **Anais...** Bento Gonçalves: EMBRAPA, CNPUV, 2003. p. 153-157. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve10/cbve10-palestra09.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2008.

TREVISAN, V. **Variabilidade espacial dos atributos físicos de um complexo de solos hidromórficos sobre diferentes sistemas de manejo**. 2005, 121 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

VALENCIA, L. I. O.; MEIRELLES, M. S.; FUKS, S. D. Métodos geoestatísticos para análise e avaliação de risco em agricultura de precisão. **Biblioteca Digital Brasileira de Computação**. Rio de Janeiro, RJ. 2001.

VAUDOR, E. The quality of grapes and wine in relation to geography: notions of terroir at various scales. **Journal of Wine Research**. v.13, n.2, p. 117-141, Feb. 2002.

VERCESI, A. Projetare um vigneto per la producone di uva di qualità com l'aiuto del terrelivamento e della viticoltura di precisione: Lê scelte decisionali in fase di impianto e conduzione del vigneto possono oggi avvalersi di tecnologie all'avanguardia. **Phytomagazine**, Milano, v. 33, Ott. 2004.

VETTORATO, J. A. **Mapeamento da fertilidade do solo utilizando sistema de informação geográfica**. 2003. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/intranet/arquivos/dissertação-final.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2006.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em parcela experimental de um latossolo roxo de campinas (SP), **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 181-190, 1997. doi: 10.1590/S0006-87051997000100019.

VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: GIS Brasil'98, Curitiba, PR, 1998, 53 p

VENDRUSCULO, L. G. **Desenvolvimento de um sistema computacional para análise geoestatística**. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

WILLIS, P. R.; CARTER, P. G.; JOHANNSEN, C. J. Assessing yield parameters by remote sensing techniques. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 1999, St. Paul. Proceedings... Madison: American Society of Agronomy, 1999. Part A, p.1465-73.

ZOECKLEIN, B. W. et al. Wine analysis and production New York: Chapman & Hall, 1994. 621p.

## **ANEXOS**

---

---

**ANEXO 1- Tabelas com dados de precipitação (mm), temperaturas mínimas (°C) e temperaturas máximas (°C) nos meses de agosto, setembro e outubro de 2006. Encruzilhada do Sul, RS, 2006, 2007 e 2008.**

<b>Precipitação, temperatura mínimas e máximas.</b>									
Dias	Agosto 2006			Setembro 2006			Outubro 2006		
	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx
	mm	°C	°C	mm	°C	°C	mm	°C	°C
1	0	2	12	0	10	-	0	12	22
2	0	2	-	0	8	-	0	14	26
3	0	4	-	0	4	-	0	13	28
4	0	6	-	0	2	-	0	16	26
5	0	13	23	0	0	-	16	17	21
6	23	12	17	0	3	16	5	8	19
7	0	12	26	0	7	18	0	9	29
8	0	13	24	0	11	21	0	8	22
9	0	19	24	21	14	20	0	9	28
10	28	10	19	0	10	21	0	18	31
11	0	9	17	0	14	27	39	16	-
12	25	15	26	0	17	24	0	13	22
13	8	15	24	41	8	13	0	16	27
14	0	18	20	13	12	17	0	17	30
15	6	10	18	60	12	19	65	17	21
16	5	7	11	0	8	20	22	10	21
17	2	6	16	0	8	22	0	10	22
18	1	7	13	0	9	24	0	11	-
19	0	3	15	0	13	25	0	13	21
20	0	6	13	0	13	19	0	11	21
21	0	0	11	9	12	17	0	10	25
22	0	1	14	2	11	24	0	12	25
23	0	8	22	0	13	19	0	14	27
24	0	11	23	0	5	17	0	17	28
25	0	14	28	0	6	20	0	18	-
26	0	17	21	0	8	22	0	17	26
27	11	10	15	0	11	23	0	11	24
28	0	2	13	1	16	19	0	13	28
29	0	4	15	0	9	20	0	15	29
30	0	6	-	0	9	24	12	18	28
31	7	10	-				0	17	20

Fonte: INMET

<b>Precipitação, temperatura mínimas e máximas.</b>									
	Novembro 2006			Dezembro 2006			Janeiro 2007		
	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx
	mm	°C	°C	mm	°C	°C	mm	°C	°C
1	0	17	25	0	15	30	0	19	33
2	2	14	25	0	17	32	0	22	34
3	0	14	25	0	21	33	3	21	-
4	0	14	23	0	19	28	9	21	31
5	0	15	27	0	14	28	103	21	30
6	65	18	23	0	15	-	1	19	27
7	4	10	20	0	13	25	0	16	27
8	0	7	-	0	14	27	0	17	26
9	0	7	22	0	14	29	0	17	30
10	0	13	26	0	17	30	0	20	-
11	0	13	23	0	17	31	0	22	31
12	0	11	25	0	18	32	4	21	30
13	0	14	27	0	20	-	0	18	32
14	0	15	29	0	20	34	0	14	25
15	0	17	-	20	19	33	0	13	26
16	0	19	33	0	20	35	0	13	27
17	43	16	18	0	-	-	0	16	-
18	29	15	17	20	20	26	30	16	26
19	1	13	15	17	21	33	0	19	30
20	7	11	22	0	21	-	5	15	22
21	0	12	28	15	15	27	0	14	24
22	0	18	-	0	16	30	0	14	26
23	0	14	29	0	19	31	0	17	32
24	0	15	30	0	17	27	0	22	-
25	0	-	26	91	18	24	0	22	33
26	0	18	24	0	-	-	8	20	27
27	0	14	22	0	15	-	11	20	32
28	0	15	22	0	17	31	0	20	26
29	0	16	-	0	18	-	0	17	22
30	0	15	26	0	22	34	4	19	28
31				0	20	32	0	17	-

Fonte: INMET

<b>Precipitação, temperatura mínimas e máximas.</b>									
	Agosto 2007			Setembro 2007			Outubro 2007		
	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx
	mm	°C	°C	mm	°C	°C	mm	°C	°C
1	0	10	22	1	9	17	0	12	24
2	1	7	11	1	13	20	0	13	27
3	26	9	13	0	12	25	1	17	-
4	13	6	11	0	18	28	8	16	21
5	0	3	12	0	20	31	0	18	22
6	0	6	18	5	17	22	1	16	22
7	15	4	11	6	18	28	1	14	19
8	0	4	-	0	19	30	0	11	18
9	1	10	23	0	20	30	0	15	27
10	1	17	19	0	19	30	15	18	-
11	6	2	14	0	18	29	20	12	19
12	0	5	20	0	20	28	9	12	19
13	0	11	22	0	15	27	6	11	18
14	0	16	22	0	16	29	0	9	20
15	0	17	26	0	14	25	0	14	16
16	0	9	13	0	15	19	31	16	20
17	23	6	7	1	12	16	2	13	23
18	24	5	10	45	12	15	0	14	26
19	2	9	13	26	11	-	0	11	27
20	10	6	12	0	11	16	0	18	27
21	0	3	15	10	11	15	0	15	24
22	0	4	18	18	13	16	0	11	25
23	0	13	27	45	14	17	0	12	22
24	0	10	22	24	4	12	0	13	-
25	48	9	11	0	2	16	0	14	27
26	8	11	14	0	6	-	0	18	30
27	4	6	12	2	12	21	0	17	26
28	0	3	17	0	11	24	0	14	24
29	0	6	12	0	12	24	15	16	18
30	0	7	16	0	10	24	11	15	21
31	11	11	17				2	16	-

Fonte: INMET

<b>Precipitação, temperatura mínimas e máximas.</b>									
	Novembro 2007			Dezembro 2007			Janeiro 2008		
	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx	Prec.	T Min	T Máx
	mm	°C	°C	mm	°C	°C	mm	°C	°C
1	41	15	19	0	13	27	0	18	33
2	1	11	19	0	14	27	0	19	33
3	0	11	23	0	15	29	0	20	34
4	1	10	17	0	17	33	4	19	30
5	0	7	20	10	18	23	0	19	30
6	0	11	26	0	12	25	0	17	30
7	0	14	-	0	13	28	0	15	31
8	0	19	30	0	16	31	0	18	33
9	2	18	26	0	15	29	10	20	34
10	2	17	-	0	17	35	0	21	36
11	0	11	-	23	17	23	29	18	24
12	0	7	-	0	10	26	0	15	26
13	0	-	-	0	13	30	0	15	27
14	26	-	-	0	16	31	0	17	31
15	0	-	-	0	18	32	0	19	32
16	0	9	26	0	15	23	0	21	28
17	0	14	27	0	12	27	34	15	25
18	33	17	21	0	13	29	0	16	25
19	3	17	28	0	15	29	2	16	26
20	4	14	30	0	16	29	0	13	25
21	0	15	-	0	16	30	0	14	26
22	0	14	-	0	19	33	0	14	28
23	0	17	29	1	18	34	0	16	28
24	21	14	17	0	20	33	0	16	30
25	2	13	22	16	18	28	0	17	29
26	0	12	26	1	19	32	0	17	28
27	0	14	27	0	20	29	0	17	27
28	0	11	-	0	21	30	0	17	29
29	0	12	27	3	20	28	0	19	29
30	0	12	27	2	18	26	21	17	24
31				8	19	33	11	17	21

Fonte: INMET

**ANEXO 2 - Mapas de atributos químicos do solo da área em estudo. Encruzilhada do Sul, RS.  
2007.**

