

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE MULTICRITERIAL DOS FATORES METEOROLÓGICO,
FISIOGRÁFICO, PEDOLÓGICO E GEOLÓGICO PARA CONFEÇÃO DO MAPA DE
APTIDÃO À VITICULTURA DO MUNICÍPIO DE SÃO JOAQUIM, SANTA CATARINA**

Erico Albuquerque dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora para a obtenção do Grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luana Moreira Florisbal

Coorientador: Prof. Dr. Arcângelo Loss

Florianópolis

2016

Santos, Erico Albuquerque dos

Análise Multicriterial dos Fatores Meteorológico,
Fisiográfico, Pedológico e Geológico para Confecção do Mapa
de Aptidão à Viticultura do Município de São Joaquim, Santa
Catarina / Erico Albuquerque dos Santos; orientadora,
Luana Moreira Florisbal; coorientador, Arcângelo Loss. –
Florianópolis, SC, 2016.

101 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Filosofia e Ciências Humanas. Graduação em Geologia.

Inclui referências

1. Formação Serra Geral. 2. São Joaquim. 3. Vinhos Finos
de Altitude. 4. *Terroir*. 5. Análise Multicriterial. I. Moreira
Florisbal, Luana. II. Loss, Arcângelo. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Geologia. IV. Título.

Erico Albuquerque dos Santos

**ANÁLISE MULTICRITERIAL DOS FATORES METEOROLÓGICO,
FISIOGRÁFICO, PEDOLÓGICO E GEOLÓGICO PARA CONFEÇÃO DO MAPA DE
APTIDÃO À VITICULTURA DO MUNICÍPIO DE SÃO JOAQUIM, SANTA CATARINA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Geologia, e aprovado em sua forma final pelo Coordenador do Curso de Geologia.

Florianópolis, 06 de dezembro de 2016.

Prof. Marivaldo dos Santos Nascimento, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof^a. Luana Moreira Florisbal, Dr^a.
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Breno Leitão Waichel, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Denilson Dortzbach, Dr.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores da Epagri, Luiz Fernando Vianna e Everton Vieira, pela disponibilização dos dados sobre o cadastro vitícola e os solos de São Joaquim. A toda a equipe do Centro de Treinamento da Epagri de São Joaquim (CETREJO) pela hospitalidade. Ao pesquisador da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS), Vinicius Tavares Constante, pela ajuda com os dados do Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina. A todo o pessoal do Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFSC), pela ajuda com as análises de solo, em especial à Bárbara Santos Ventura. A todos os meus colegas de curso pelo companherismo e pelas aventuras geológicas. Às vinícolas Villa Francioni e Villaggio Bassetti pela visita aos vinhedos e à vinícola, e pela troca de conhecimento. À Casa do Vinho pela degustação que nos permitiu conhecer grande parte dos vinhos de São Joaquim.

Ao pesquisador da CPRM, Marcell Leonard Besser, pelas conversas sobre a geologia de São Joaquim, pela revisão do trabalho e disponibilização dos dados geológicos da região. Aos professores Gilmar Vital Bueno e Manoela Bettarel Bállico pelo incentivo e motivação. Ao professor Alberto Franke pela ajuda na aquisição e tratamento dos dados meteorológicos. Ao professor Breno Leitão Waichel pelos conselhos enológicos, pelas aulas sobre vulcanologia, ajuda na descrição das lâminas delgadas e revisão do trabalho. Ao pesquisador da Epagri, Denilson Dortzbach, pela disponibilização do material sobre o solo e viticultura de São Joaquim, e revisão do trabalho. Aos meus orientadores, professora Luana Moreira Florisbal e professor Arcângelo Loss, por TUDO, sem vocês este trabalho não seria possível.

Aos meus avós, Carlos e Laizy, por todo o apoio e pelas melhores lembranças da minha infância. Aos meus avós, Amadeu e Teresinha, por me proporcionarem um maior contato com a natureza e indiretamente me apresentarem à Geologia. Aos meus pais, Erico e Carla, por todo sacrifício realizado em prol da minha educação e saúde, o que eu sou hoje eu devo a vocês. Aos meus padrinhos, Antônio e Hilda, pelo apoio incondicional. Ao meu irmão Hiago pelo companherismo e por me ensinar a seguir os meus sonhos. A meu tio José Tiago por ter sido o irmão mais velho que nunca tive e a meu tio Adalton por todo o incentivo durante essa jornada geológica. À minha namorada Valerie por me apoiar em todas as ideias por mais malucas que sejam. Aos meus sogros, Severino e Suely, por terem me presenteado com a filha deles. Às minhas sobrinhas, Alice e Giovanna, por sempre me darem um motivo para sorrir. Aos meus cunhados, Melissa, Nêmora e Thiago, e aos agregados, Eduardo, Gláucio e Gracielle, por me defenderem quando a Valerie briga comigo. E a todos os membros da minha família, porque sem eles eu não seria nada.

“Preparo três taças para os comedidos: a primeira para a saúde, que se esvazia antes; a segunda para o amor e o prazer; a terceira para dormir. Quando essa taça é bebida, os convidados sábios vão para casa. A quarta taça não é mais nossa, pertence à violência; a quinta ao alvoroço; a sexta para o bacanal dos bêbados; a sétima para o olho roxo; a oitava é do policial; a nona do ranzinza; a décima da loucura e dos móveis quebrados.”

(Eubulus, 375 a.C.)

RESUMO

A qualidade de um vinho é o resultado de uma inter-relação entre todos os fatores, acima e abaixo da superfície do solo, que afetam o crescimento da uva. Esses fatores podem ser divididos em cinco grupos principais: meteorológico, fisiográfico, pedológico, geológico e viticultural; e juntos compõem o *terroir* de uma região, um termo francês traduzido por alguns autores como "noção de lugar". São Joaquim é privilegiada em relação a uma série de fatores que compõem o seu *terroir*. A região, localizada no Planalto Sul de Santa Catarina (28° 17' 38" S e 49° 55' 55" O), em uma área de relevo acidentado e altitude elevada (entre 715 e 1638 metros), está entre as mais altas regiões viticultoras do Brasil, com cerca de 65% dos seus terrenos situados entre 1000 e 1300 metros (a maioria dos vinhedos está entre 1.100 e 1.500 metros de altitude), sendo 43% das encostas classificadas como tendo relevo fortemente ondulado e 27% como ondulado, e sem direção preferencial. A região tem um clima único, com média anual de 13 °C, um dos mais frios do Brasil, com verões amenos (média de 18 °C) e baixas temperaturas durante o inverno (média de 9 °C) que de acordo com a classificação climática de Köppen, corresponde ao tipo climático Cfb (clima temperado, com verões amenos). Estas condições climáticas permitem que as videiras tenham uma maturação mais longa e completa; podendo florescer em meados de outubro e colher as uvas em meados de abril, mês com temperaturas mais amenas e menor incidência de chuvas. São Joaquim também recebe um total médio de 1.832 horas/ano de radiação solar e 1.680 mm/ano de precipitação. A região está situada sobre os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, Província Magmática Paraná. Na Província predominam os derrames basálticos toleíticos (90% do volume total), com andesitos toleíticos (7%) e dacitos-riodacitos-riolitos toleíticos (3%). As unidades vulcânicas básicas na região correspondem a andesitos basálticos de baixo-Ti dos tipos Gramado e soleiras de alto-Ti com composição basáltica dos tipos Urubici. Em São Joaquim, as unidades vulcânicas ácidas (dacitos a riolitos) estão localizadas em um lugar proeminente na topografia, o Platô de São Joaquim, e são consideradas do tipo Palmas, subtipo Caxias do Sul. Sobre estas rochas vulcânicas estão localizados vários vinhedos, onde a videira é cultivada para a produção de vinhos finos de altitude (vinhos produzidos a partir de variedades européias - *Vitis vinifera* - cultivadas acima de 900 metros). Os solos predominantes na região são considerados como Cambissolos Húmicos e Háplicos, ambos Alíticos e Neossolos Litólicos. Realizando uma análise multicritério em SIG dos fatores meteorológico, fisiográfico, pedológico e geológico, foi possível identificar um total de 77,45 km² de terras com as melhores características para a viticultura (encostas voltadas para a face Norte, entre 3 e 20% de declividade, acima de 900 metros de altitude e com solos derivados de rochas vulcânicas básicas) em São Joaquim (1.887,25 km²). Estes novos dados permitirão focar o cultivo da uva nos locais mais propícios e melhorar a qualidade da uva e do vinho produzidos na região.

Palavras-chave: FORMAÇÃO SERRA GERAL; SÃO JOAQUIM; VINHOS FINOS DE ALTITUDE; TERROIR; ANÁLISE MULTICRITERIAL.

ABSTRACT

The quality of a wine is the result of an interrelationship among all the factors, above and below the ground surface, that affect the growth of the grape. These factors can be divided into five main groups: meteorological, physiographic, pedological, geological and viticultural; and together they compose the *terroir* of a region, a French term translated by some authors as “sense of place”. São Joaquim is privileged with respect to a number of factors that compose its *terroir*. The region, located in the Planalto Sul of Santa Catarina (28° 17' 38" S e 49° 55' 55" O) in an area with hilly relief and high elevation (between 715 and 1638 meters), is among the highest Brazilian viticultural regions, with around 65% of its land located between 1000 and 1300 meters (great part of the vineyards are located around 1.100 and 1.500 meters of height), with 43% of the slopes classified as strongly undulated and 27% as undulated; and without preferred direction. The region has a unique climate with an annual average of 13 °C, one of the coldest of Brazil, with mild summers (average of 18 °C) and low temperatures during the winter (average of 9 °C), which according to the Köppen climatic classification, corresponds to the climate type Cfb (temperate climate, with mild summer). These climatic conditions allow the vines to have a longer and complete maturation; they flourish in mid-October and the grapes can be harvested in mid-April, month with milder temperatures and less rainfalls. São Joaquim also receives a total average of 1832.36 hours/year of solar radiation and 1680.23 mm/year of precipitation. The region is situated on the volcanic flows of the Serra Geral Formation of the Paraná Magmatic Province. In the Province predominates tholeiitic basaltic flows (90% of the total volume), with tholeiitic andesites (7%) and subordinated tholeiitic dacites-rhyodacites-rhyolites (3%). The basic volcanic units of the region correspond to low-Ti basaltic andesites of the Gramado type, and high-Ti sills with basaltic composition of the Urubici type. In São Joaquim, the acid volcanic units (dacites to rhyolites) are located in a prominent place in the topography, the São Joaquim Plateau, and are considered to be of the Palmas type, Caxias do Sul subtype. On these volcanic flows are located several vineyards, where the grapes are grown for the production of fine wines of altitude (wines produced from European – *Vitis vinifera* – grapes varieties cultivated in vineyards above 900 meters). The predominant soils of the region are considered to be Humic and Haplic Cambisols, both *Alíticos* and Leptosols. Using a multi-criteria evaluation in GIS of the meteorological, physiographic, pedological and geological factors it's possible to identify 77.45 km² of land with be best characteristic for viticulture (slopes facing North, between 3 and 8% of declivity, above 900 meters of altitude and with soils derived from basic volcanic rocks) in São Joaquim (1887.25 km²). This new data will make possible to focuses the grape cultivation in the best sites and improve the quality of the grape and the wine produced in the region.

Keywords: SERRA GERAL FORMATION; SÃO JOAQUIM; FINE WINES OF ALTITUDE; *TERROIR*; MULTI-CRITERIA EVALUATION.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados viticultores do Brasil (destacados em vermelho) de acordo com Melo (2015). Base cartográfica: Basemap do software ArcGIS® (ESRI, 2011).....	18
Figura 2. Extensão atual dos derrames de lava da Província Magmática Paraná-Etendeka. Modificado de Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992).....	26
Figura 3. Diagramas geoquímicos utilizados para divisão dos basaltos em alto e baixo-Ti; e discriminação dos seus respectivos magmas tipos (PEATE, 1997). Modificado de Polo (2010).....	28
Figura 4. Diagrama ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{130}$ vs SiO_2 ; GARLAN et al., 2005) utilizado para classificação dos subtipos das rochas ácidas. Modificado de Polo (2010).	30
Figura 5. Diagramas geoquímicos utilizados para discriminar magma tipo Palmas em seus subtipos (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008). Modificado de Polo (2010).....	31
Figura 6. Mapa de localização do município de São Joaquim (CIASC, 2016).	32
Figura 7. Representação esquemática do mapa geomorfológico do Estado de Santa Catarina (escala 1:2.000.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de Santa Catarina (1991).	34
Figura 8. Representação esquemática do mapa hipsométrico do Estado de Santa Catarina (escala 1:2.000.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de Santa Catarina (1991).	34
Figura 9. Representação esquemática do mapa hidrográfico do Estado de Santa Catarina (escala 1:2.000.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de Santa Catarina (1991).	35
Figura 10. Representação esquemática do mapa pedológico da porção sudeste do Estado de Santa Catarina (escala 1:250.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Em laranja: Cambissolos Alíticos húmicos e em roxo: Solos Litólicos Distróficos. Modificado de Embrapa (1998).....	36
Figura 11. Representação esquemática do mapa geológico do Estado de Santa Catarina (escala 1:500.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de DNPM (1986).....	37
Figura 12. Mapa geológico simplificado do Platô de São Joaquim (escala 1:50.000), porção centro-sul da área de estudo. Retirado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).....	37
Figura 13. Perfil estratigráfico do Platô de São Joaquim. Retirado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).	38
Figura 14. (A) Descrição de afloramento, onde é possível realizar a coleta tanto de rocha quanto de solo; e (B) Limpeza do perfil de solo em barranco.	41
Figura 15. Mapa geológico simplificado com as três unidades geológicas principais: basáltica (em verde, pontos SJE-001, SJE-004 e SJE-011), dacítica (em bordô, pontos SJE-002 e SJE-009) e riolítica (em cinza, pontos SJE-003 e SJE-006). Modificado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).	46
Figura 16. Mapa pedológico simplificado com as duas classes de solo principais: Neossolos Litólicos (em azul, pontos SJE-002, SJE-003, SJE-004 e SJE-011) e Cambissolos Húmicos (em marrom, pontos SJE-001, SJE-006 e SJE-009). Modificado de Potter et al. (2004)..	46
Figura 17. Figura de localização do ponto SJE-001. Modificado de SDS (2010).....	47
Figura 18. (A) Afloramento em corte de estrada mostrando a dimensão da soleira; (B) Vista frontal da soleira basáltica com disjunções colunares verticais (5 a 25 cm) e zona de alteração na sua porção superior; (C) Detalhe do xenólito de rocha máfica fanerítica; e (D) Detalhe da zona de falha preenchida por material de alteração (80 cm) caracterizada por material argiloso.....	48
Figura 19. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-001, sendo A-B da base d a soleira (SJE-001A) e C-D do topo da soleira (SJE-001B). (A) Textura granular típica da rocha (10X – LN); (B) Cristais euédricos tabulares de plagioclásio e, localmente em agregados radiais (10X – LP); (C) Textura granular com cristais prismáticos de plagioclásio e minerais opacos cúbicos (10X – LN); (D) Maior volume de alteração da rocha destacada na transformação parcial dos cristais de plagioclásio para argilas e micas brancas (10X – LP).....	49
Figura 20. Figura de localização do ponto SJE-004. Modificado de SDS (2010).....	50
Figura 21. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível notar a declividade do terreno, a presença de blocos de basalto no solo e a vegetação dominada por araucárias; (B) Fotografia da amostra coletada, onde se pode observar a sua coloração escura e a presença de algumas amígdalas de até 0,3 cm.	51
Figura 22. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-004. (A) Textura intergranular típica da rocha com primas de plagioclásio e cristais cúbicos de minerais opacos (10X – LN); (B) Cristais euédricos tabulares de plagioclásio com feições de entelhamento e pequenos cristais de piroxênio dispersos na rocha (10X – LP).....	51
Figura 23. (A) Perfil de solo como ocorre naturalmente; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos, onde houve o aprofundamento do corte.	52
Figura 24. Figura de localização do ponto SJE-011. Modificado de SDS (2010).....	54
Figura 25. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível notar a espessura do perfil de solo e a grande quantidade de blocos de rocha presentes; (B) Fotografia da amostra coletada, onde se pode observar a sua coloração cinza e textura afanítica.....	55
Figura 26. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-011. (A) Textura intergranular típica da rocha com primas de plagioclásio em agregados e minerais opacos disseminados e/ou em agregados (10X – LN); (B) Cristais euédricos tabulares de plagioclásio em aglomerados e com feições de entelhamento e pequenos cristais de piroxênio dispersos na rocha (10X – LP).	55

Figura 27. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos, apresentando estrutura prismática no horizonte B.	56
Figura 28. Figura de localização do ponto SJE-002. Modificado de SDS (2010).	59
Figura 29. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível ver a estrutura tabular e, por vezes, lobada do derrame; (B): Fotografia da amostra coletada, onde se pode observar a sua coloração avermelhada e a presença de algumas vesículas e amígdalas milimétricas.	59
Figura 30. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-002. (A) Textura hipohialina típica da rocha com cristais ripiformes de plagioclásio com terminações em rabo de andorinha em matriz vítrea com feições de devitrificação (10X – LN); (B) Matriz devitrificada ressaltada e cristais ripiformes de plagioclásio (10X – LP).	60
Figura 31. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (B) Perfil de com os horizontes definidos.	61
Figura 32. Figura de localização do ponto SJE-009. Modificado de SDS (2010).	63
Figura 33. SJE-009. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível notar a coloração avermelhada do solo e sua estrutura em blocos; (B) Fotografia da amostra coletada, que foi serrada em laboratório, onde se pode observar a sua coloração avermelhada e a presença de uma amígdala de até 0,7 cm.	64
Figura 34. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-009. (A) Textura hipovítrea típica da rocha com cristais ripiformes de plagioclásio com terminações em rabo de andorinha em matriz vítrea com feições de devitrificação (10X – LN); (B) Matriz devitrificada ressaltada e cristais ripiformes de plagioclásio (10X – LP).	64
Figura 35. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte, onde é possível notar o contato lítico; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos.	65
Figura 36. Figura de localização do ponto SJE-009. Modificado de SDS (2010).	67
Figura 37. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível observar a estrutura tabular do derrame e o solo pouco espesso; (B) Fotografia da amostra coletada onde se pode observar a sua coloração marrom escuro e a textura afanítica.	68
Figura 38. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-003 (A): Textura intergranular típica da rocha com cristais plagioclásio ripiformes e cristais cúbicos de minerais opacos (10X – LN); (B) Crsitaís ripiformes de plagioclásio em aglomerados e pequenos e esparsos cristais de piroxênio (10X – LP).	69
Figura 39. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (C) Perfil do solo com os horizontes definidos.	69
Figura 40. Figura de localização do ponto SJE-006. Modificado de SDS (2010).	71
Figura 41. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível observar a sua estrutura lobada do derrame; (B) Fotografia da amostra coleta, onde pode-se observar a sua coloração marrom e a textura sal e pimenta.	72
Figura 42. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-006 (A): Textura granular típica da rocha com primas de plagioclásio e cristais cúbicos de minerais opacos. A luz natural porções da matriz desvitrificada são evidenciados (2X – LN); (B) Crsitaís euédricos tabulares de plagioclásio com feições de entelhamento e pequenos cristais de piroxênio dispersos na rocha (2X – LP).	72
Figura 43. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (B) Perfil do solo com os horizontes definidos. Observa-se um ligeiro escurecimento nos horizontes A2 e A3 em relação ao horizonte A1.	73
Figura 44. Diagramas geoquímicos de classificação das rochas vulcânicas. Legenda: unidade basáltica: SJE-001A (triângulo verde), SJE-001B (triângulo verde), SJE-004 (quadrado cinza escuro); unidade riolítica: SJE-003 (círculo cinza claro); e unidade dacítica: SJ-83 (diamante vermelho).	75
Figura 45. Amostras SJE-001A, SJE-001B e SJE-004 plotadas nos diagramas geoquímicos utilizados para divisão dos basaltos em alto e baixo-Ti; e discriminação dos magmas tipos (PEATE, 1997; modificado por POLO, 2010). Legenda como na figura 44.	76
Figura 46. Amostras SJE-003 e SJ-83 plotados nos diagramas geoquímicos utilizados para discriminar magma tipo Palmas em seus subtipos (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008; modificado por POLO, 2010). Legenda como na figura 44.	76
Figura 47. Diagramas binários dos elementos maiores das amostras SJE-001A, SJE-001B, SJE-003, SJE004 e SJ-83, utilizando a sílica (SiO ₂) como índice de diferenciação, concentrações em peso%.	78
Figura 48. Mapa hipsométrico de São Joaquim. Modificado de SDS (2010)	82
Figura 49. Mapa de direção das encostas de São Joaquim. Modificado de SDS (2010)	83
Figura 50. Mapa de declividade das encostas de São Joaquim. Modificado de SDS (2010)	84
Figura 51. Histograma com os valores do pH de cada horizonte descrito, separados por unidade geológica das quais se originaram.	86
Figura 52. Diagrama binário (pH vs teor de alumínio), com os teores de alumínio (Al) de cada horizonte descrito, separados por unidade geológica das quais se originaram. É possível observar um trend negativo dos solos derivados dos basaltos em relação aos derivados dos dacitos e riolitos.	86
Figura 53. Mapa de aptidão geológica-pedológica de São Joaquim.	88
Figura 54. Regiões vitícolas com o clima vitícola semelhante ao de São Joaquim, como Freiburg na Alemanha e Besançon na França. Extraído de Embrapa (2013b).	90
Figura 55. Mapa de aptidão à viticultura destinada a produção de vinhos finos de altitude de São Joaquim	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Produção nacional de uva por Estado (em toneladas).	19
Tabela 2. Composição média dos magmas tipos da PMP.	26
Tabela 3. Critérios para classificação dos basaltos em magmas tipos.	28
Tabela 4. Subdivisões das rochas ácidas do tipo Palmas da Província Magmática do Paraná.	30
Tabela 5. O clima vitícola das principais regiões viticulturas brasileiras segundo o Sistema CCM Geovitícola.	33
Tabela 6. Pontos amostrados com as suas respectivas coordenadas, unidades e amostras coletadas.	44
Tabela 7. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-004.	52
Tabela 8. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-004.	53
Tabela 9. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-004.	53
Tabela 10. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-011.	56
Tabela 11. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-011.	57
Tabela 12. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-011.	57
Tabela 13. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-002.	61
Tabela 14. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-002.	62
Tabela 15. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-002.	62
Tabela 16. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-009.	65
Tabela 17. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-009.	66
Tabela 18. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-009.	66
Tabela 19. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-003.	69
Tabela 20. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-003.	70
Tabela 21. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-003.	70
Tabela 22. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-006.	73
Tabela 23. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-006.	74
Tabela 24. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-006.	74
Tabela 25. Resultados analíticos para elementos maiores e traço das amostras representativas das unidades geológicas de São Joaquim (a amostra SJ-83 foi cedida por Marcell Leonard Besser, as demais são do autor). Óxidos em peso%; elementos traço em ppm.	78
Tabela 26. Estação Meteorológica de São Joaquim (médias mensais e média anual de 1961 a 2015).	79
Tabela 27. Estação Meteorológica de São Joaquim (médias mensais, média anual e soma anual de 1961 a 2015).	80
Tabela 28. Estação Meteorológica de São Joaquim (médias mensais, média anual e soma anual de 1961 a 2015).	80
Tabela 29. Cotas altimétricas do município de São Joaquim.	80
Tabela 30. Direção das encostas do município de São Joaquim.	81
Tabela 31. Declividade das encostas do município de São Joaquim.	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACAVITIS – Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude
- BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
- BRDE – Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
- BRGM - *Bureau de Recherches Geologiques et Minières* (Escritório de Pesquisa Geológica e Mineração)
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
- CPRM – Serviço Geológico Brasileiro
- DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral
- ESRI – Environmental Systems Research Institute (Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais)
- IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IF – Índice de Frio Noturno
- IH – Índice Heliotérmico
- IS – Índice de Seca
- LIL – Large Ion Lithophile (Elementos de Grande Raio Iônico)
- LN – Luz plano-polarizada
- LP – Nicóis Cruzados
- MDT – Modelo Digital de Terreno
- OIV – International Organisation of Vine and Wine (Organização Internacional da Videira e do Vinho)
- PME – Província Magmática Etendeka
- PMP – Província Magmática Paraná
- PMPE – Província Magmática Paraná-Etendeka
- SDS – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
- UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para Educação Ciência e Cultura)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 VITICULTURA.....	17
2.1.1 A videira.....	17
2.1.2 Origem da viticultura.....	17
2.1.3 Viticultura no Brasil.....	17
2.1.4 Viticultura em Santa Catarina.....	18
2.1.5 O que é <i>terroir</i>	20
2.1.5.1 Meteorológico.....	20
2.1.5.1.1 <i>Temperatura</i>	20
2.1.5.1.2 <i>Insolação</i>	21
2.1.5.1.3 <i>Precipitação</i>	21
2.1.5.2 Fisiográfico.....	21
2.1.5.2.1 <i>Altitude</i>	21
2.1.5.2.2 <i>Direção</i>	21
2.1.5.2.3 <i>Declividade</i>	22
2.1.5.3 Pedológico.....	22
2.1.5.4 Geológico.....	22
2.1.5.5 Viticultural.....	23
2.1.6 SIG aplicado às regiões vitícolas.....	23
2.1.6.1 Análise Multicriterial.....	23
2.1.7 Geologia e vinho.....	24
2.1.8 Viticultura em unidades vulcânicas.....	24
2.2 GEOLOGIA REGIONAL.....	25
2.2.1 Província Magmática Paraná-Etendeka.....	25
2.2.2 Província Magmática Paraná.....	26
2.2.3 Formação Serra Geral.....	27
2.2.3.1 Unidades básicas.....	27
2.2.3.1.1 <i>Grupo alto-Ti</i>	28
2.2.3.1.2 <i>Grupo baixo-Ti</i>	29
2.2.3.2 Unidades ácidas.....	29
2.2.3.2.1 <i>Tipo Palmas</i>	30
2.2.3.2.2 <i>Tipo Chapecó</i>	31
3. SÃO JOAQUIM	32
3.1 CLIMA.....	32
3.1.1 Clima Vitícola.....	32
3.2 FISIOGRAFIA.....	33
3.2.1 Relevo.....	33
3.2.2 Hipsometria.....	34
3.2.3 Hidrografia.....	35
3.3 PEDOLOGIA.....	35
3.4 GEOLOGIA.....	36
3.5 VITICULTURA.....	38
4. METODOLOGIA	40

4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS.....	40
4.2 TRABALHO DE CAMPO.....	40
4.3 AVALIAÇÃO DOS FATORES	41
4.3.1 Meteorológico	42
4.3.2 Fisiográfico	42
4.3.3 Pedológico	43
4.3.4 Geológico	43
5. RESULTADOS	45
5.1 DADOS GEOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS.....	45
5.1.2 Unidade basáltica	47
5.1.2.1 SJE-001	47
5.1.2.1.1 <i>Geologia</i>	47
5.1.2.2 SJE-004	50
5.1.2.2.1 <i>Geologia</i>	50
5.1.2.2.2 <i>Pedologia</i>	51
5.1.2.3 SJE-011	54
5.1.2.3.1 <i>Geologia</i>	54
5.1.2.3.2 <i>Pedologia</i>	56
5.1.3 Unidade dacítica	58
5.1.3.1 SJE-002	58
5.1.3.1.1 <i>Geologia</i>	59
5.1.3.1.2 <i>Pedologia</i>	60
5.1.3.2 SJE-009	63
5.1.3.2.1 <i>Geologia</i>	63
5.1.3.2.2 <i>Pedologia</i>	64
5.1.4 Unidade riolítica	67
5.1.4.1 SJE-003	67
5.1.4.1.1 <i>Geologia</i>	68
5.1.4.1.2 <i>Pedologia</i>	69
5.1.4.2 SJE-006	71
5.1.4.2.1 <i>Geologia</i>	71
5.1.4.2.2 <i>Pedologia</i>	73
5.1.5 Geoquímica	75
5.2 DADOS METEOROLÓGICOS.....	79
5.3 DADOS FISIAGRÁFICOS	80
6. DISCUSSÃO	85
6.1 FATORES GEOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS.....	85
6.1.1 Geoquímica	85
6.1.1.1 SJE-001	85
6.1.2 Geologia vs Pedologia	85
6.2 FATOR METEOROLÓGICO	89
6.3 FATOR FISIAGRÁFICO	90
6.4 MAPA DE APTIDÃO À VITICULTURA.....	91
7. CONCLUSÕES	93
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

A geologia pode ser aplicada na viticultura (cultivo da videira) ao estudar as características do meio físico que influenciam no cultivo da uva e, conseqüentemente, no vinho a ser produzido. De acordo com Haynes (1999), a qualidade de um vinho é resultado da inter-relação entre todos os fatores, tanto acima quanto abaixo da superfície do terreno, que afetam o crescimento da uva. Esses fatores, cada um constituído por diferentes elementos, foi dividido por ele em cinco grupos principais: meteorológico, fisiográfico, pedológico, geológico e viticultural. Juntos eles compõem o que chamamos de *terroir*, um termo francês traduzido por alguns autores como “noção de lugar”.

Essa nova aplicação da geologia traz embutida em si a característica mais atual na pesquisa científica, que é uma linha integradora de vários aspectos da geociências através de uma abordagem holística. Aqui se faz necessária uma integração com outras ciências como a meteorologia, geomorfologia, agronomia e viticultura para que se possa construir um panorama geral da ciência por traz de um vinho de qualidade. Por isso, o estudo do *terroir* é de extrema importância para a boa prática da viticultura e vinicultura (produção do vinho).

O município de São Joaquim possui uma localização privilegiada com relação a vários dos fatores que definem o seu *terroir*. Contudo, não existem estudos que demonstram, enumeram ou quantificam estes fatores. Assim, compreender o fator geológico (distribuição espacial das diferentes rochas e como isso influencia na geração de diferentes tipos de solos, relevos e microclimas) é importante para compreender algumas questões: Por que algumas vinícolas produzem vinhos mais refinados do que outras? Há algum controle geológico nesta produção? As vinícolas estão todas situadas sobre o mesmo tipo de substrato rochoso?

Não somente o fator geológico como também os demais fatores que definem o *terroir* serão avaliados e integrados a estas perguntas em busca de um modelo dos fatores que proporcionam a produção dos vinhos finos de altitude de São Joaquim.

1.1 OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é descrever os fatores (meteorológico, fisiográfico, pedológico e geológico) que compõem o *terroir* de São Joaquim e gerar um mapa de aptidão à viticultura destinada à produção de vinhos finos de altitude, a fim de identificar áreas para a expansão da atividade na região.

1.2 JUSTIFICATIVA

A proximidade de São Joaquim com a Serra Gaúcha, maior pólo produtor vitivinícola do Rio Grande do Sul e do Brasil, seja geográfica ou pelas similaridades em características como clima,

relevo, geologia e solo apontam para esta região como uma das regiões com grande potencial para desenvolvimento da vitivinicultura. Com o apoio das entidades locais e com conhecimento científico que aponte para as regiões mais propensas ao cultivo de uvas destinadas à produção de vinhos finos de altitude, a região de São Joaquim tem potencial para constituir um dos maiores pólos vitivinícola de Santa Catarina e até mesmo do Brasil.. Essa área foi escolhida não somente pela sua semelhança com a Serra Gaúcha, mas também pela infraestrutura da região, onde se encontra a Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e a sede da Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude (ACAVITIS), os quais têm ajudado e muito no desenvolvimento da vitivinicultura da região. Além disso, São Joaquim conta com a maior quantidade de vinícolas do Estado e apresenta grande potencial para produzir vinhos finos de altitude.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 VITICULTURA

Viticultura, do latim *vitis* (videira) e *cultura* (cultura).

2.1.1 A videira

De acordo com Inglez de Souza (1996), a história da videira começou há cerca de 100 milhões de anos, no início do período Terciário, muito antes do Homem andar sobre a Terra. De acordo com os fósseis da ancestral da videira atual, encontrados na Groelândia, as videiras primitivas foram pouco a pouco migrando para sul, tomando dois caminhos distintos: um américo-asiático e outro euro-asiático. Deste último caminho originou a *Vitis sezannesis*, tida como a mais importante do período Terciário e precursora da *Vitis vinifera*, a videira atual. O mesmo autor relata que, durante o período Quaternário, a videira quase desapareceu. Uma glaciação de grandes proporções atingiu o hemisfério norte, escapando apenas as videiras localizadas em regiões protegidas: uma americana, uma europeia e uma asiático-ocidental. As videiras sobreviventes da região americana deram origem às atuais espécies americanas: *lambrusca*, *vulpina*, *rupestris*, *aestivalis*, *rotundifolia*, *tiliaefolia*, *smalliana*, *lincecumii*, *cordifolia*, *berlandieri* etc. A única espécie sobrevivente da região europeia foi a *Vitis vinifera silvestris*. Já na região asiático-ocidental sobreviveu a espécie *Vitis vinifera caucasica*. (INGLEZ DE SOUZA, 1996).

2.1.2 Origem da viticultura

Segundo Inglez de Souza (1996), a origem da viticultura se deu entre a Armênia e a Pérsia, onde era encontrada a *Vitis vinifera caucasica*, mais saborosa e atrativa para a produção de vinhos. A *Vitis vinifera silvestris* possuía cachos pequenos, bagas miúdas e sabor pobre, o que não chamou muita atenção dos primeiros agricultores. A viticultura começou a sua expansão pela Ásia Menor até chegar a Creta, de onde foi difundida pelo arquipélago grego e para os povos mediterrâneos. Foi na Grécia que a viticultura alcançou extraordinário progresso, impregnando sua história, tradições, costumes e crenças. Mas foi Roma que disseminou a viticultura por toda Europa. A partir desta expansão romana a viticultura e a *Vitis vinifera* chegaram a Portugal, de onde vieram as primeiras videiras para o Brasil (INGLEZ DE SOUZA, 1996).

2.1.3 Viticultura no Brasil

A viticultura foi trazida ao Brasil de caravelas. No ano de 1532, o almirante Martim Afonso de Sousa aportou na Capitania de São Vicente, tida como o berço da viticultura brasileira, trazendo

consigo da ilha da Madeira e dos Açores os melhores agricultores (INGLEZ DE SOUZA, 1996). Segundo Inglez de Souza (1952, apud INGLEZ DE SOUZA, 1996), o cavaleiro-fidalgo Brás Cubas, trazido ao Brasil nesta expedição, é considerado como o primeiro viticultor do Brasil.

Atualmente a viticultura está presente em diversos Estados brasileiros (Fig. 1) como Ceará, Pernambuco, Bahia, Piauí, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul (MELLO, 2015). De acordo com o Instituto Brasileiro do Vinho - Ibravin (2016), a viticultura no Brasil está representada por mais de 1,1 mil vinícolas ocupando uma área de 83,7 mil hectares, grande parte em pequenas propriedades (média de 2 hectares por família). Hoje o país está consolidado como o quinto maior produtor da bebida no hemisfério sul.

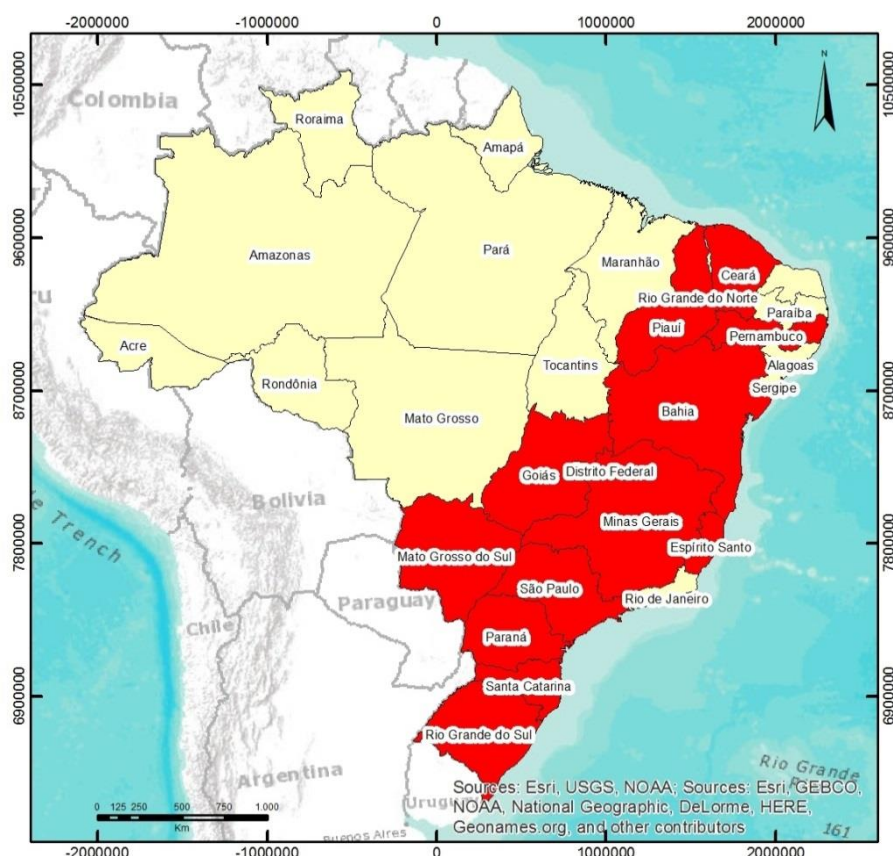


Figura 1. Estados viticultores do Brasil (destacados em vermelho) de acordo com Melo (2015). Base cartográfica: Basemap do software ArcGIS® (ESRI, 2011).

2.1.4 Viticultura em Santa Catarina

A viticultura catarinense tem mais de duzentos anos, tendo início com os primeiros povoadores ilhéus que se instalaram na costa catarinense. Assim como a viticultura brasileira em geral, a evolução da viticultura de Santa Catarina é marcada pelo aparecimento da variedade *Isabel* e pelo aumento da colonização europeia na segunda metade do século XIX (INGLEZ DE SOUZA, 1996). No início da década de 90, pesquisadores da Epagri testaram a adaptação de espécies *Vitis vinifera* em diversas regiões do Estado, mas não obtiveram resultados animadores. No entanto, a safra de 1998 dos

vinhedos do Planalto Serrano, como os do município de São Joaquim, produziu uvas incrivelmente doces e equilibradas. A partir da microvinificação realizada na Estação Experimental da Epagri em Videira ficou comprovado que os vinhedos com mais de 1.000 metros de altitude produziam uvas de alta qualidade (AL NOTÍCIAS, 2007).

Jean Pierre Rosier classificou a produção de vinhos de Santa Catarina, de acordo com suas características e tradição da cultura, em três regiões: Tradicional, Nova e Super Nova (BRDE, 2005). A região definida como Tradicional abrange o Vale do Rio do Peixe (e.g. Videira e Caçador) e a região Carbonífera (e.g. Urussanga e Nova Veneza), responsável pelo cultivo da variedade Goethe, única no Brasil. Na região Tradicional, destaca-se a imigração de italianos, que consolidaram a viticultura em Santa Catarina (DORTZBACH, 2016). A chamada região Nova é composta pelas cidades de Rodeio, Nova Trento e as demais que se localizam no Oeste do Estado. A região chamada de Super Nova, ou de altitude, compreende as cidades do Planalto Serrano, entre elas São Joaquim. Esta região está investindo apenas na produção de vinhos finos e sua viticultura irá se desenvolver baseada em resultados de pesquisas técnicas e não em função da imigração italiana, como nas demais regiões do Estado (BRDE, 2005). De acordo com Vianna et al. (2016), em 2013, a região de altitude de Santa Catarina era composta por 53 propriedades com 590 vinhedos implantados, totalizando uma área de 332,35 hectares. Nesses vinhedos são plantadas variedades como Cabernet Sauvignon, Merlot, Chardonnay, Sauvignon Blanc, Pinot Noir, Sangiovese, Malbec, Cabernet Franc, entre outras.

Santa Catarina se destaca hoje pela qualidade dos seus vinhos, contando com cerca de 3 mil hectares de área plantada, 80 vinícolas e 2 mil famílias envolvidas tanto no plantio como na elaboração de vinhos (DORTZBACH, 2016). De acordo com Mello (2015), o Estado encontra-se em 6º lugar na produção de uvas no Brasil. No entanto, é o segundo maior fabricante nacional de vinhos e suco de uva, em 2014 colheu 66.106 toneladas da fruta, produzindo um total de mais de 12 milhões de litros de vinho de mesa, 187 mil litros de vinho fino e 12 milhões de litros de suco. Na tabela 1 podemos comparar a produção de uvas de Santa Catarina em relação aos outros estados viticultores do Brasil.

Tabela 1. Produção nacional de uva por Estado (em toneladas).

Estado/Ano	2010	2011	2012	2013	2014
Ceará	-	-	767	664	573
Pernambuco	168.225	208.660	224.758	228.727	236.767
Bahia	78.283	65.435	62.292	52.808	77.504
Minas Gerais	10.590	9.804	10.107	12.734	11.557
São Paulo	177.538	177.227	176.902	172.868	146.790
Paraná	101.900	105.000	70.500	79.052	80.910
Santa Catarina	66.214	67.767	70.909	53.153	66.106
Rio Grande do Sul	682.692	829.589	840.251	808.267	812.537
Goiás	-	-	4.570	4.581	3.330
Brasil	1.295.442	1.463.481	1.461.056	1.412.854	1.436.074

Extraído de Mello (2015).

2.1.5 O que é *terroir*?

O termo *terroir* foi cunhado no século XIV na região de Borgonha (França), onde monges desenvolveram uma viticultura de alta qualidade ao longo da Costa do Ouro. Alguns autores traduzem o termo como “noção de lugar”. A Organização Internacional da Videira e do Vinho (Resolução OIV/VITI 333/2010) define *terroir* viticultural como uma área em que o conhecimento coletivo das interações entre o ambiente físico e biológico e as práticas vitivinícolas desenvolvidas proporcionam características específicas para os produtos originados (OIV, 2010).

Para Haynes (1999), a qualidade de um vinho é resultado da inter-relação entre todos os fatores, tanto acima quanto abaixo da superfície do terreno, que afetam o crescimento da uva. Ele dividiu esses fatores em cinco grupos principais: meteorológico, fisiográfico, pedológico, geológico e viticultural, que juntos definem o *terroir* de uma região. Cada um desses fatores é composto por vários elementos, dos quais alguns serão descritos a seguir.

2.1.5.1 Meteorológico

Dentre os elementos meteorológicos que influenciam no cultivo da videira estão temperatura, insolação e precipitação.

2.1.5.1.1 *Temperatura*

Tonietto e Mandelli (2003) afirmam que a videira é uma planta muito resistente às mudanças de temperatura ao longo das estações do ano. Segundo os autores, no inverno, período de repouso vegetativo, ela pode suportar temperaturas mínimas de -10 °C a até -20 °C. Temperaturas baixas durante o inverno são fundamentais para que ocorra a quebra da dormência das gemas, o que assegura a brotação adequada da videira. Do final do inverno ao início da primavera, a temperatura de 10 °C é tida como a mínima para que haja a brotação e o desenvolvimento vegetativo da planta. Deve-se evitar o plantio da videira em regiões com temperaturas baixas durante a primavera, devido ao elevado risco de ocorrerem geadas tardias. No período de floração da videira, entre o final da primavera e início do verão, é aconselhado que se tenha bastante insolação e pouca umidade, com temperaturas iguais ou superiores a 18 °C. No verão, período de maturação da videira, a maior atividade fotossintética é obtida em temperaturas entre 20 °C e 25 °C. Temperaturas acima de 35 °C são consideradas excessivas, pois podem resultar em uvas com maiores teores de açúcares, mas com baixa acidez (TONIETTO e MANDELLI, 2003).

2.1.5.1.2 *Insolação*

De acordo com Tonietto e Mandelli (2003), “a radiação solar recebida pela planta em determinado local é função da latitude, do período do ano, da nebulosidade, da topografia e da altitude”. Uma maior insolação produz uvas com bons teores de açúcares e com acidez adequada, podendo estar, também, relacionada a um menor número de dias de chuva, algo desejável em meio às condições de alta umidade do sul do Brasil. Para Sentelhas (1998), é aconselhável que a videira, dependendo da variedade, receba entre 1.200 e 1.400 horas de sol/ano para completar o seu ciclo vegetativo.

2.1.5.1.3 *Precipitação*

Tonietto e Mandelli (2003) atestam que a precipitação pluviométrica é um dos elementos mais importantes do clima para a viticultura. A videira é uma cultura que resiste muito bem às condições de seca, podendo ser produzida em regiões com precipitação de apenas 250 a 350 mm, no período que vai da brotação até a maturação das uvas. De acordo com Van Leeuwen (2010), os índices pluviométricos das melhores regiões produtoras de vinho do mundo variam entre 300 a 1.000 mm/ano.

2.1.5.2 Fisiográfico

Dentre os elementos fisiográficos que influenciam no cultivo da videira estão altitude, direção e declividade das encostas.

2.1.5.2.2 *Altitude*

Para Tonietto e Mandelli (2003), a altitude exerce um importante efeito térmico na viticultura, onde a cada 100 metros de elevação ocorre uma diminuição de 0,6 °C na temperatura média do ar. No Brasil, onde as condições térmicas tendem a ser elevadas, a busca de áreas de altitude é observada nas principais regiões viticultoras. De acordo com o regulamento da Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude – (ACAVITIS, 2006), para fazer parte da marca coletiva vinhos finos de altitude de Santa Catarina, a área deve estar acima de 900 metros de altitude (DORTZBACH, 2016).

2.1.5.2.3 *Direção*

As encostas voltadas em direção ao Sol secam mais rápido do que as voltadas para o lado contrário, o que é um fator muito importante em regiões de clima frio (WHITE, 2003). No hemisfério Sul essa direção é a voltada para Norte. De acordo com Melo (2003), “a exposição do vinhedo para o

norte permite que as plantas recebam os raios solares por mais tempo e ainda ficam protegidas dos ventos frios do sul”.

2.1.5.2.4 Declividade

De acordo com White (2003), nas encostas a drenagem do solo é geralmente melhor do que em terrenos planos ou fundos de vale. As condições de declividade do terreno também influenciam na insolação (TONIETTO E MANDELLI, 2003). Para estes autores, as situações de alta declividade do terreno não são recomendadas, seja pelos riscos de erosão ou pela dificuldade de mecanização que, segundo Jordan et al. (1981), ocorre em encostas com declividade superior a 20%. De acordo com Dortzbach (2016), os terrenos planos, com declividades inferiores a 3 %, facilitam a mecanização, no entanto, podem apresentar problemas relacionados com solos encharcados ou mal drenados.

2.1.5.3 Pedológico

Segundo White (2003), a textura influencia o comportamento do solo de diversas maneiras (e.g. estruturação do solo, retenção de água, aeração, drenagem, temperatura e retenção de nutrientes). Solos com textura fina a média como argila, argilossiltosa e francoargilosa possuem maior capacidade de retenção de água do que os solos de textura arenosa, mas, a menos que sejam bem estruturados, não apresentam uma drenagem tão rápida quanto estes. Para Dortzbach (2016), a pedregosidade que por dificultar a mecanização pode ser um grave problema para as culturas de ciclo curto, não limita, mesmo a pedregosidade moderada, o desenvolvimento da videira por se tratar de uma cultura perene.

Dentre os elementos pedológicos que influenciam no cultivo da videira, de acordo com Melo (2003) deve-se dar preferência para solos com textura franca (300-500 g kg⁻¹ de areia; 300-500 g kg⁻¹ de silte e 100-300 de argila, segundo SANTOS et al., 2013) e bem drenados, com pH variando de 5,0 a 6,0 e com teor de matéria orgânica de pelo menos 20 g/kg. Para White (2003) as melhores condições para o cultivo da uva encontra-se em locais com solos profundos (> 1,5 metros), bem drenados e bem estruturados, com textura franca a franco-argilosa e com alto conteúdo de matéria orgânica (> 2%). No entanto, de acordo com Dortzbach (2016), o sistema radicular da videira raramente passa de 1,20 metros, sendo que 90% das raízes estão distribuídas nos primeiros 60 centímetros.

2.1.5.4 Geológico

De acordo com Jackson (2008), a geologia do material que dará origem ao solo tem pouca influência direta na qualidade da uva. Bons vinhos são produzidos a partir de uvas cultivadas em solos derivados dos três tipos de rochas (ígneas, sedimentares ou metamórficas). Alguns cultivares são

melhores adaptados em solos derivados de rochas de composição específica, mas evidências sobre estes aspectos ainda são circunstanciais e não existem evidências experimentais (JACKSON, 2008).

2.1.5.5 Viticultural

O fator viticultural não será abordado neste trabalho, pois os seus elementos (sistema de condução, espaçamento entre as fileiras, poda, fertilização e adubação, manejo do solo e de pragas, porta-enxerto e cultivares, drenagem sistemática e irrigação) devem ser considerados após a escolha da área para o cultivo e dependem muito da maneira como o viticultor gerenciará o vinhedo. Para maiores detalhes consultar a publicação “Capacitação Técnica em Viticultura” disponível em Embrapa (2014).

2.1.6 SIG aplicado às regiões viticultoras

A aplicação do Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem sido fundamental na gestão das regiões viticultoras brasileiras, como pode ser visto nos trabalhos de Hoff et al. (2010), Hoff et al. (2011a), Hoff et al. (2011b), Hoff et al. (2012) e Modena et al. (2014). O uso de dados matriciais gerados por levantamentos aerofotogramétricos (e.g. ortomosaicos coloridos e modelos digitais de terreno) e dados vetoriais (e.g. limites municipais, cadastro vitícola, curvas de nível e hidrografia) tem ajudado bastante na delimitação das regiões mais propensas para o cultivo da videira.

Hoff et al. (2011a) utilizaram da análise multicriterial de dados de relevo e dados espectrais, apoiados por sensoriamento remoto e geoprocessamento, para mostrar que há um zoneamento nos vinhedos na região de Pinheiro Machado, RS. Nesse trabalho foram cruzados dados de declividade com exposição solar e comparados com os dados altimétricos da região para gerar um zoneamento controlado ao manejo da videira, além de utilizar imagens hiperespectrais para medir a resposta espectral das variedades de uva.

2.1.6.1 Análise Multicriterial

De acordo com Francisco et al. (2007), “a análise multicriterial é um método de análise de alternativas para resolução de problema que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado”. A análise multicriterial permite reunir as variáveis, atribuir pesos e valores às mesmas, dando prioridade às diferentes alternativas, o que facilita a tomada de decisão. Os métodos de análise multicriterial podem ser trabalhados em ambiente SIG, facilitando o trabalho dos tomadores de decisão (FRANCISCO, 2007).

Dado que para se alcançar os objetivos deste trabalho se faz necessário analisar a integração de um grande número de variáveis para avaliação do local a ser cultivado e também para a

determinação dos fatores (meteorológico, fisiográfico, pedológico e geológico) que compõem o *terroir* da região, a análise multicriterial é uma ferramenta robusta que permite traçar as zonas mais favoráveis ao cultivo de uvas destinadas à produção de vinhos finos de altitude.

2.1.7 Geologia e vinho

De acordo com Haynes (1999), um dos primeiros trabalhos voltado a estudar a relação entre geologia e vinho de que se tem notícia é o da geóloga Peigi Wallace, intitulado *Geology of Wine*, apresentado no ano de 1972, no 24º Congresso Internacional de Geologia, em Montreal, CA (WALLACE, 1972). Passados 26 anos do trabalho de Peigi Wallace, a única publicação específica sobre o papel da geologia na produção do vinho escrito por um geólogo foi o livro francês *Terroir et Vins de France, Itinéraires Oenologiques et Geologiques*, publicado pela BRGM - *Bureau de Recherches Geologiques et Minières* (Escritório de Pesquisa Geológica e Mineração), editado por Pomerol em 1984 (HAYNES, 1999). Alguns anos depois foram publicados guias geológicos de campo sobre o assunto como: *Geology of the Wine Country of New York* (FAKUNDINY, CADWELL; FLEISHER, 1989); *Geology, wine and scenery of the Niagara Escarpment* (HAYNES, 1992); *Geology, Scenery and Wines of the Niagara Escarpment* (HAYNES, 1994a); e *Wine, Geology and Glaciolacustrine Soils of the Niagara Escarpment* (HAYNES, 1994b). Em 1998 o tema começou a ter maior destaque com os trabalhos de Mintner (1998), o primeiro sobre o *terroir* africano, intitulado *Geology of the Cape Winelands*; e Haynes, Grant e Haynes (1998), o primeiro sobre o *terroir* e os vinhos americanos: *Geology of Niagara Falls and Niagara's Vineyards and Wine*. Neste mesmo ano é publicada a obra definitiva sobre geologia do vinho, intitulada *Terroir: the Role of Geology, Climate, and Culture in the Making of French Wines* (WILSON, 1998). Dando continuidade ao tema, no ano seguinte é lançado pela revista *Geoscience Canada* (GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA, 2016), uma série de artigos intitulada *Geology and Wine*. A série está ativa até hoje já tendo publicado vários artigos, que abordam todos os aspectos da relação entre a geociências e o vinho em diferentes países.

2.1.8 Viticultura em unidades vulcânicas

Regiões com notável viticultura em solos desenvolvidos em basaltos podem ser encontradas nas Ilhas Canárias (Espanha), nos Açores (Portugal), no Monte Etna (Sicília), na Índia ocidental, no sul da Austrália, no vale Willamette (Oregon, EUA), no centro-sul da França e no norte da Itália (POGUE, 2010). A região do Monte Etna constitui o vulcão mais ativo e alto da Europa, com 3.300 metros de altitude, situado ao norte da cidade de Catânia. Os solos são de origem vulcânica e os vinhedos estão localizados entre 300 e 900 metros, mas em algumas áreas planta-se até os 1.100 metros de altitude (RABACHINO, 2015). Outras regiões também são famosas por apresentar seus

vinhedos situados sobre rochas vulcânicas. Nos Estados Unidos da América, temos o *Napa Valley*, no estado da Califórnia, em especial as regiões de *Atlas Peak*, *Howell Mountain* e *Wild Horse Valley* (NAPA VALLEY VITNERS, 2016), e o *Columbia Valley*, nos estados de Washington e Oregon (POGUE, 2010). No *Napa Valley*, o clima é classificado como frio de montanha, com temperaturas entre 10 °C e 15 °C, com baixa amplitude térmica diária. As elevações estão entre 200 e 800 metros e as chuvas em torno de 960 mm por ano. Os solos da região são derivados de rochas vulcânicas, mais especificamente de basaltos (NAPA VALLEY VITNERS, 2016).

A Organização das Nações Unidas possui duas regiões vinícolas, inscritas como patrimônio mundial da humanidade, localizadas em unidades vulcânicas. A região de Tokaj, na Hungria, foi tombada pela em 2002 (UNESCO, 2016a) e a Ilha do Pico, no Arquipélago dos Açores, Portugal, em 2004 (UNESCO, 2016b). Na Ilha do Pico, a segunda maior do arquipélago de Açores, as vinhas são cultivadas em chão de lava negra que são “costurados” por muros rochosos e dão a impressão de formar um labirinto. Esses muros, com cerca de um metro de altura, foram construídos para proteger da maré e do vento os pequenos vinhedos, ao mesmo tempo em que permite a exposição solar necessária para a maturação das uvas (UNESCO, 2016b).

No Brasil, há anos se produz excelentes vinhos a partir de uvas cultivadas sobre solos derivados dos derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande Sul. Posto esses exemplos, é notável que muitos dos vinhos, inclusive de destaque internacional, são produzidos a partir de uvas cultivadas em terrenos vulcânicos. A peculiaridade de cada vinho advém dos elementos que compõem o seu *terroir*, que por sua vez varia de região para região. Embora não se tenha ainda estabelecida uma relação clara de causa-efeito entre o tipo de rocha vulcânica e a qualidade do vinho produzido, os exemplos acima demonstram que as rochas vulcânicas são aconselháveis para o cultivo da uva destinada à produção de vinhos finos.

2.2. GEOLOGIA REGIONAL

2.2.1 Província Magmática Paraná-Etendeka

A Província Magmática Paraná-Etendeka (PMPE) (Fig. 2), foi formada por um grande evento efusivo que ocorreu durante 3 Ma (~134,5 – 131,5 Ma; JANASI; FREITAS; HEAMAN, 2011), precedendo o rifteamento do Gondwana e abertura do Oceano Atlântico. Vários derrames de lava foram gerados formando uma sequência de rochas vulcânicas e subvulcânicas com volume total de cerca de 900.000 km³ (POLO, 2010), composta por basaltos toleíticos continentais (90%), andesitos toleíticos (7%) e dacitos, riolitos toleíticos e dacitos (3%) (BELLIENI et al., 1986), que hoje são encontradas nas regiões sul e centro-oeste do Brasil (Formação Serra Geral), no sudeste do Paraguai (Formação Alto Paraná), no norte da Argentina (Membro Posadas da Formação Curuzú Cuatiá) e no leste do Uruguai (Formação Arapey), compondo a Província Magmática do Paraná (PMP) e na

Namíbia (Formação Etendeka), que compõe a Província Magmática de Etendeka (PME) (POLO, 2010).

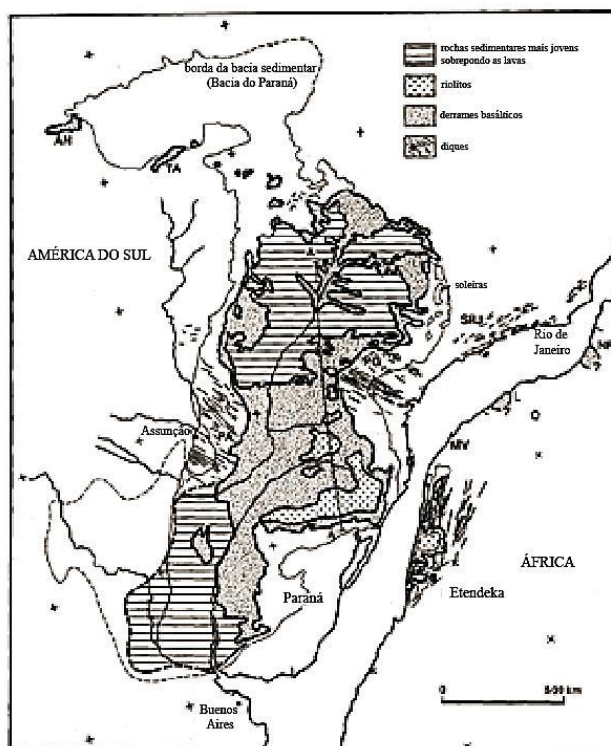


Figura 2. Extensão atual dos derrames de lava da Província Magmática Paraná-Etendeka. Modificado de Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992).

2.2.2 Província Magmática do Paraná

Os primeiros trabalhos classificaram as rochas vulcânicas da Província Magmática do Paraná (PMP) com base nos seus conteúdos de sílica, chamando de basaltos todas as rochas com conteúdo de $\text{SiO}_2 < 62\%$ e riolitos aquelas com $\text{SiO}_2 > 64\%$ (POLO, 2010). Segundo Peate (1997), a ausência de rochas com teores de sílica entre 62 e 64% foi utilizada como divisor composicional. Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992), apresentaram a composição média das unidades básicas e ácidas da Província Magmática do Paraná (Tabela 2).

Tabela 2. Composição média dos magmas tipos da PMP.

Magma Tipo Subtipo	Basalto "baixo-Ti"			Basalto "alto-Ti"			Riolito		Riolito	
	Gramado	Esmeralda	Ribeirã	Paranapanema	Pitanga	Urubici	Palmas	Caxias do Sul	Santa Maria	Guarapuava
SiO_2	% 53,68	51,33	50,48	50,21	50,52	51,77	68,07	71,19	65,57	66,88
TiO_2	% 1,43	1,55	1,80	2,31	3,53	3,74	0,99	0,72	1,41	1,15
Al_2O_3	% 14,26	13,82	14,56	13,20	12,90	13,32	12,97	12,54	13,22	13,36
$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{t})$	% 12,64	14,25	13,74	14,92	15,19	13,24	6,36	5,23	7,30	6,57
MnO	% 0,19	0,20	0,20	0,22	0,22	0,17	0,10	0,09	0,14	0,12
MgO	% 4,90	5,39	5,62	5,36	4,36	4,53	1,30	0,83	1,35	1,24
CaO	% 8,64	9,80	10,06	9,69	8,34	8,19	2,94	1,91	3,06	2,51

Tabela 2. Continuação.

Na₂O	%	2,68	2,63	2,49	2,79	2,92	2,80	3,07	2,64	3,46	3,38
K₂O	%	1,33	0,83	0,79	0,99	1,48	1,71	3,92	4,64	4,03	4,43
P₂O₅	%	0,21	0,20	0,25	0,31	0,56	0,54	0,27	0,20	0,46	0,36
Ni	ppm	42	52	77	51	30	54	7	6	6	7
Rb	ppm	45	27	17	21	32	37	168	206	98	138
Sr	ppm	238	191	288	306	466	768	135	107	375	326
Y	ppm	33	34	29	35	41	38	55	76	78	66
Zr	ppm	166	131	135	174	268	307	267	322	661	572
Nb	ppm	14	10	11	15	25	28				
Ba	ppm	388	240	337	290	484	636	665	693	1056	1208

Extraído de Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992).

2.2.3 Formação Serra Geral

As rochas vulcânicas da Província Magmática do Paraná (PMP), que ocorrem no território brasileiro, foram primeiramente chamadas de *rochas eruptivas da Serra Geral* por White (1908) e posteriormente classificadas por Gordon Jr. et al. (1947) como Formação Serra Geral. De acordo com Frank, Gomes e Formoso (2009), essas rochas possuem um volume médio estimado de 600.000 km³, sendo ~ 450.000 km³ de rochas extrusivas e ~ 112.000 km³ de corpos intrusivos, como sills e diques, que juntos cobrem uma área de aproximadamente 917.000 km² (\pm 15.000 km²) e apresentam espessuras médias em torno de 660 metros e máxima de 1.700 metros. As rochas vulcânicas básicas formam derrames que podem ter de 10 a 90 metros, quando individuais, e que juntos podem chegar a mais de 1.000 metros. Já as rochas vulcânicas ácidas formam derrames de 20 a 80 metros de espessura quando individuais, chegando até 400 metros de espessura quando juntos (NARDY, 1995).

2.2.3.1 Unidades básicas

Os basaltos e andesitos basálticos ocorrem como lavas afíricas a sub-afíricas (BELLIENI et al., 1986), apresentando uma coloração cinza a negra, de aspecto maciço ou com a formação de vesículas/amígdalas (NARDY, 1995) e caracterizam-se pela textura intergranular (predominante), intersertal, hialofítica, entre outras (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008).

Bellieni et al. (1984) e Mantovani et al. (1985) dividiram os basaltos da Província Magmática do Paraná com base nos conteúdos de TiO₂ e elementos incompatíveis. Segundo estes autores, o grupo baixo-Ti (TiO₂ < 2%) se restringe à porção sul da Província, sendo empobrecido em Ba, La, Ce, Zr e Sr, e enriquecido em Rb, Th e U, se comparado ao grupo de alto-Ti (TiO₂ > 2%), predominante nas porções centro e norte da PMP. Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992), a partir dessa classificação, subdividiram essas rochas em seis magmas tipos: Urubici, Pitanga e Paranapanema os basaltos de alto-Ti; e Gramado, Esmeralda e Ribeira os de baixo-Ti (Tabela 3). Na figura 3 são apresentados dois diagramas geoquímicos (TiO₂ vs MgO; e Ti/Zr vs Ti/Y), utilizados para divisão dos basaltos em alto e baixo-Ti; e discriminação dos seus respectivos magmas tipos.

Tabela 3. Critérios para classificação dos basaltos em magmas tipos.

		Basalto "alto-Ti"			Basalto "baixo-Ti"		
		Urubici	Pitanga	Paranapanema	Ribeira	Esmeralda	Gramado
SiO₂	%	> 49	> 47	48 - 53	49 - 52	48 - 55	49 - 60
TiO₂	%	> 3,3	> 2,8	1,7 - 3,2	1,5 - 2,3	1,1 - 2,3	0,7 - 2,0
Fe₂O₃(t)	%	> 0,45	> 0,35	0,2 - 0,8	0,15 - 0,50	0,1 - 0,35	0,05 - 0,40
P₂O₅	%	< 14,5	12,5 - 18	12,5 - 17	12 - 16	12 - 17	9 - 16
Sr	ppm	> 550	> 350	200 - 450	200 - 375	< 250	140 - 400
Ba	ppm	> 500	> 200	200 - 650	200 - 600	90 - 400	100 - 700
Zr	ppm	> 250	> 200	120 - 250	100 - 200	65 - 210	65 - 275
Ti/Zr	ppm	> 57	> 60	> 65	> 65	> 60	< 70
Ti/Y	ppm	> 500	> 350	> 350	> 300	< 330	< 330
Zr/Y	ppm	> 6,5	> 5,5	4,0 - 7,0	3,5 - 7,0	2,0 - 5,0	3,5 - 6,5
Sr/Y	ppm	> 14	> 8	4,5 - 15	5 - 17	< 9	< 13
Ba/Y	ppm	> 14	> 9	5 - 19	6 - 19	< 12	< 19

Extraído de Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992).

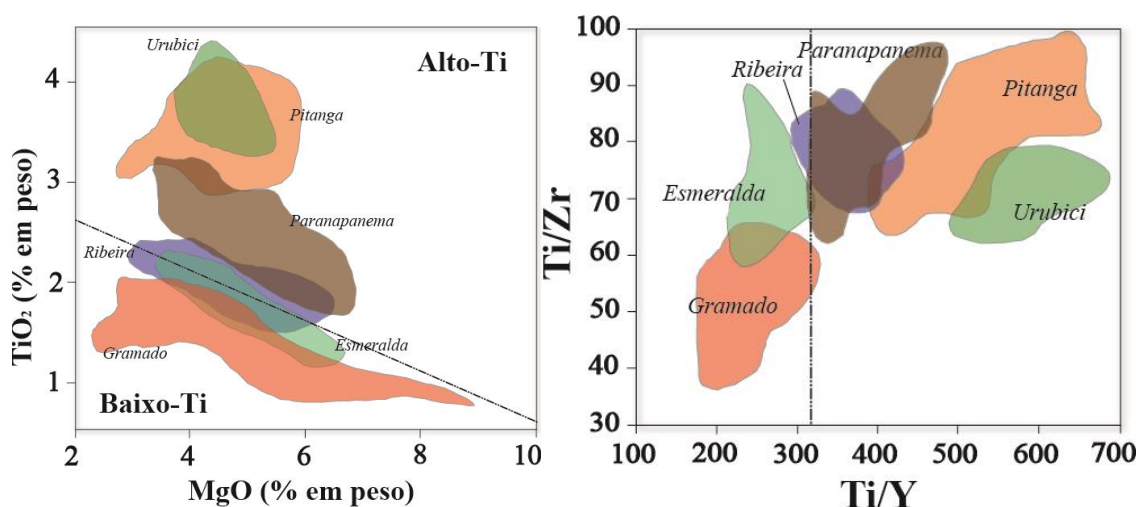


Figura 3. Diagramas geoquímicos utilizados para divisão dos basaltos em alto e baixo-Ti; e discriminação dos seus respectivos magmas tipos (PEATE, 1997). Modificado de Polo (2010).

2.2.3.1.1 Grupo alto-Ti

Bellieni et al. (1984) foram os primeiros a observar as diferenças composicionais entre os basaltos alto-Ti, separando o tipo Pitanga, presentes na porção oeste e norte da PMP, do tipo Urubici, restrito a uma pequena área a sudeste. Ambos os tipos apresentam altos conteúdos de TiO₂ (~> 3%) e abundância em elementos traços incompatíveis. O magma tipo Pitanga é caracterizado por apresentar conteúdos mais baixos de SiO₂, TiO₂, K₂O e tem como os melhores discriminantes, segundo Bellieni et al. (1984), os teores mais altos de Fe₂O₃ e baixos de Sr (210-625 ppm contra 550-1050 ppm do tipo Urubici). Peate, Mantovani e Hawkesworth (1988) consideraram os basaltos na porção central da PMP com concentrações intermediárias de TiO₂ (2-3%) como um novo tipo de magma, denominado Paranapanema, sendo necessária para classificá-lo a utilização de discriminantes como alto teor de Fe₂O₃, baixas razões Zr/Y (< 6,0) e Sr < 450 ppm (PEATE, HAWKESWORTH E MANTOVANI, 1992).

2.2.3.1.2 Grupo baixo-Ti

Os basaltos baixo-Ti do tipo Gramado e Esmeralda afloram no sul da PMP. O tipo Gramado representa a base da sequência vulcânica, sendo caracterizado por teores menores de TiO_2 (0,7-2,0%) e maiores de SiO_2 (49-60%). Segundo Peate, Hawkesworth e Mantovani (1992), o tipo Esmeralda possui teores de TiO_2 de 1,1 a 2,3% e de SiO_2 entre 48 e 55%, e ocorre intercalado às rochas ácidas do tipo Palmas. Os principais discriminantes entre estes dois tipos são as razões Zr/Y (2 a 5 para o tipo Esmeralda e de 3,5 a 5,5 para o tipo Gramado) e Ti/Zr (> 60 para o tipo Esmeralda e < 60 para o tipo Gramado). Petrini et al. (1987) reconheceram outro tipo de basalto baixo-Ti relativamente enriquecido em elementos incompatíveis, que se encontra na porção norte da PMP, como tipo Ribeira.

2.2.3.2 Unidades ácidas

As rochas ácidas ocupam uma área de 64.000 km² (BELLIENI et al. 1986, NARDY et al. 2002), e são divididas como do tipo Palmas (2,5% do volume da PMP; NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008), as rochas afíricas, hipohialinas e de matriz granofírica, que apresentam uma coloração cinza (quando frescas) a cinza amareladas (quando alteradas) com estrutura “sal e pimenta” (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008); e como do tipo Chapecó (0,5% do volume da PMP) as que apresentam textura porfirítica, com fenocristais < 20 mm imersos em matriz vítrea, apresentando uma coloração cinza esverdeada (quando fresca) e castanho avermelhada (quando alterada) (NARDY, 1995).

Bellieni et al. (1986) denominaram de tipo Palmas toda as rochas vulcânicas com teores de SiO_2 entre 65 e 72% e TiO_2 entre 0,57 a 1,23%, e de tipo Chapecó todas com teores entre 63 a 68% e 0,95 a 1,59%. As rochas do tipo Palmas apresentam razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{130}$ entre 0,714 e 0,727, enquanto as do tipo Chapecó estão entre 0,705 e 0,708 (POLO, 2010). A diferença mais marcante está na abundância de certos elementos incompatíveis do tipo Chapecó, como teores de Zr > 500 ppm, Ba > 900 ppm e Sr > 250 ppm, enquanto que o tipo Palmas apresenta teores de Zr < 400 ppm, Ba < 800 ppm e Sr < 170 ppm (PEATE; HAWKESWORTH; MANTOVANI, 1992). Na figura 4 é apresentado um dos diagramas utilizados para discriminação das rochas vulcânicas ácidas entre o tipo Palmas e o tipo Chapecó; e seus respectivos subtipos.

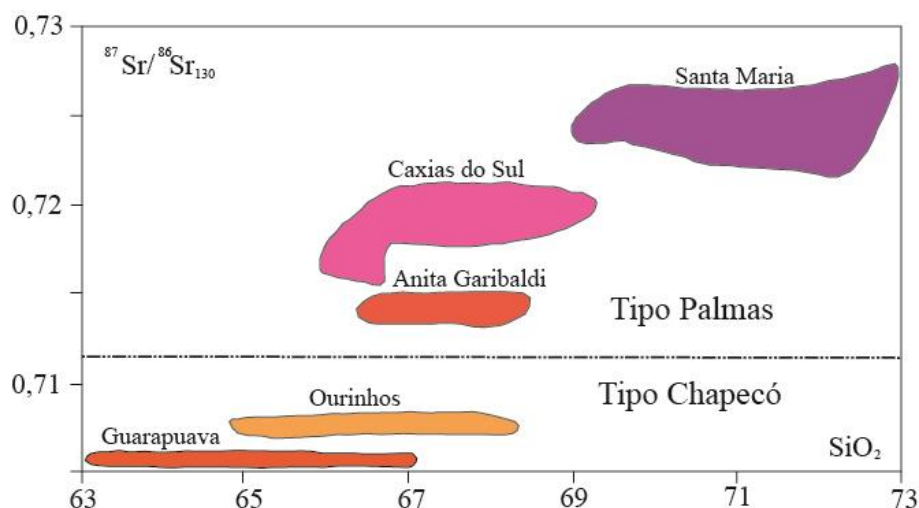


Figura 4. Diagrama ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{130}$ vs SiO_2 ; GARLAN et al., 2005) utilizado para classificação dos subtipos das rochas ácidas. Modificado de Polo (2010).

2.2.3.2.1 Tipo Palmas

Segundo Nardy, Machado e Oliveira (2008), as rochas do tipo Palmas correspondem a 80% do volume total das ácidas e 2,5% do volume total do magmatismo da PMP, sendo encontradas na porção sul da PMP, na forma de um extenso platô de direção EW, logo acima dos basaltos do tipo Gramado ou intercaladas aos do tipo Esmeralda. De acordo com esses mesmos autores, é possível agrupar as rochas do tipo Palmas entre dois grupos principais: Riolitos (teores de SiO_2 entre 69,56 e 70,28%, e $\text{TiO}_2 < 0,87\%$ - subtipos Santa Maria e Clevelândia); e Dacitos (teores de SiO_2 entre 63,83 e 69,56%, e $\text{TiO}_2 > 0,90\%$ - subtipos Caxias do Sul, Anita Garibaldi e Jacuí) (Tabela 4). Na figura 5 são apresentados dois diagramas geoquímicos utilizados para subdividir estes subtipos (Rb vs Zr ; e P_2O_5 vs TiO_2).

Tabela 4. Subdivisões das rochas ácidas do tipo Palmas da Província Magmática do Paraná.

Rochas ácidas do tipo Palmas				
$\text{TiO}_2 \leq 0,87\%$		$\text{TiO}_2 \geq 0,90\%$		
Santa Maria	Clevelândia	Caxias do Sul	Anita Garibaldi	Jacuí
		$0,91\% < \text{TiO}_2 < 1,03\%$	$1,06\% < \text{TiO}_2 < 1,25\%$	$1,05\% < \text{TiO}_2 < 1,16\%$
$\text{P}_2\text{O}_5 < 0,21\%$	$0,21\% < \text{P}_2\text{O}_5 < 0,23$	$0,25\% < \text{P}_2\text{O}_5 < 0,28\%$	$0,32\% < \text{P}_2\text{O}_5 < 0,36\%$	$0,28\% < \text{P}_2\text{O}_5 < 0,31\%$
12.300 km ²	4.087 km ²	16.000 km ²	4.486 km ²	3.451 km ²
4.500 km ³	613 km ³	4.832 km ³	1.008 km ³	1.058 km ³

Modificado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).

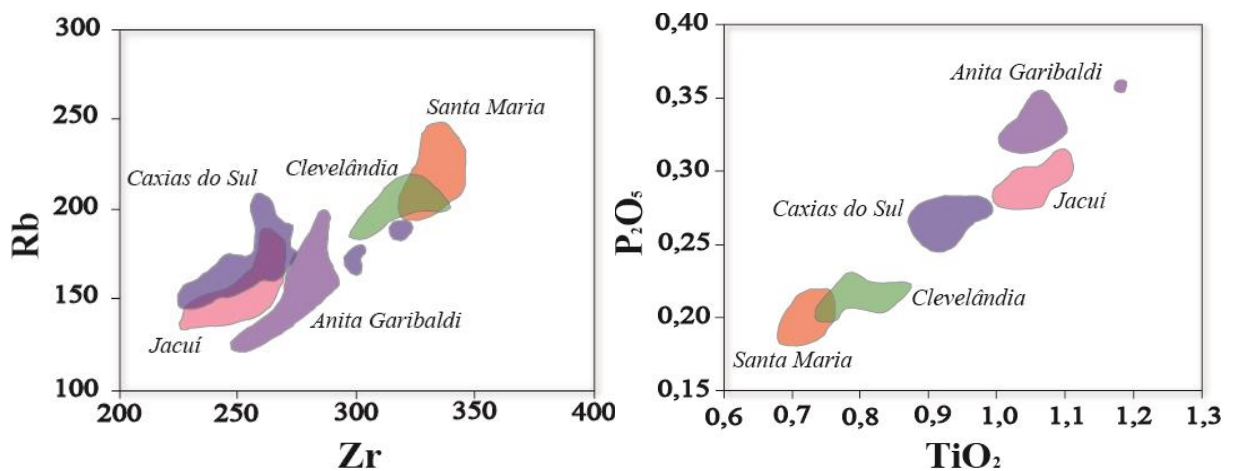


Figura 5. Diagramas geoquímicos utilizados para discriminar magma tipo Palmas em seus subtipos (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008). Modificado de Polo (2010).

2.2.3.2.2 *Tipo Chapecó*

As rochas vulcânicas do tipo Chapecó encontram-se na porção centro-norte da PMP e ocorrem na base dos derrames basálticos de alto-Ti, podendo estar inclusive em contato direto com os arenitos eólicos da Formação Botucatu (JANASI et al., 2005; NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008). Garland, Hawkesworth e Mantovani (1995) classificaram essas rochas em dois subtipos principais: Ourinhos, caracterizado por teores de SiO₂ entre 65 e 69%, razões ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr entre 0,7076 e 0,7080, baixos teores de Fe₂O₃, CaO, TiO₂, P₂O₅ e Zr e enriquecimento em certos elementos incompatíveis; e Guarapuava com teores de SiO₂ entre 64,3 e 66,3% e razões ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr entre 0,7055 e 0,7060. Recentemente Nardy, Machado e Oliveira (2008) reconheceram um terceiro subtipo denominado de Tamarana, que se encontra assentado sobre os basaltos a norte da PMP e apresenta uma composição intermediária entre os subtipos Ourinhos e Guarapuava.

3. SÃO JOAQUIM

O município de São Joaquim está localizado no Planalto Sul, na região serrana do Estado de Santa Catarina (Fig. 6), possui área de 1.892,256 km² e população de 26.247 habitantes (IBGE, 2015). O acesso à área de estudo, partindo de Florianópolis (capital do Estado), se dá pela BR-101 sentido Sul. Após 19,4 km pegue a BR-282 na saída 14 em direção a Lages e continue por 198 km. Em seguida pegue a SC-114 e siga por 76 km até chegar à sede administrativa do município de São Joaquim.

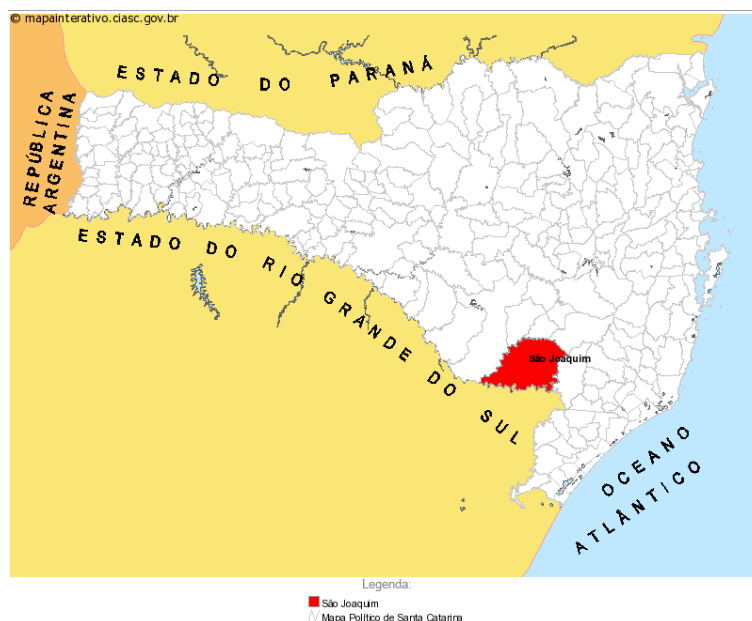


Figura 6. Mapa de localização do município de São Joaquim (CIASC, 2016).

3.1 CLIMA

Em Santa Catarina (1991), o clima do Estado de Santa Catarina é classificado, segundo o sistema de classificação climática de Köppen (1948), como sendo do Grupo C - Mesotérmico, por apresentar temperaturas médias do mês mais frio entre 3 °C e 18 °C. Por não haver índices pluviométricos inferiores a 60 mm, pertence ao tipo úmido (f) sem estação seca definida. Podendo ser subdividido, em virtude do fator altitude, em dois subtipos: de verão quente (a), encontrado no litoral e no oeste, onde as temperaturas médias de verão são mais elevadas; e de verão fresco (b), nas regiões mais elevadas do planalto, como São Joaquim.

3.1.1 Clima Vitícola

De acordo com Brighenti e Tonietto (2004), segundo o Sistema CCM Geovitícola de Tonietto e Carbonneau (2004), o clima vitícola de São Joaquim é classificado como Frio, de Noites

Frias e Úmido (IH₂ IF₊₁ IS₂), por apresentar as seguintes características: Índice Heliotérmico - IH de 1.714 (mínimo de 1.505 e máximo de 1.890), Índice de Frio Noturno – IF de 12,1 C (mínimo de 10,8 °C e máximo de 14,8 °C), e Índice de Seca – IS de 200 mm (mínimo de 174 mm e máximo de 200 mm) (Tabela 5). O diferencial de São Joaquim, em relação às regiões vitícolas do Brasil, é o clima vitícola mais frio do país (BRDE, 2005).

Tabela 5. O clima vitícola das principais regiões vitícolas brasileiras segundo o Sistema CCM Geovitícola.

Índice Climático Vitícola/ Classe de Clima Vitícola	Sigla	Intervalo de Classe	Clima Vitícola das Regiões			
			São Joaquim Planalto Sul Catarinense	Bento Gonçalves Serra Gaúcha	Bagé Campanha	Petrolina Vale do Submédio São Francisco ¹
Índice Heliotérmico - IH						
Muito frio	IH-3	< 1500				
Frio	IH-2	> 1500 < 1800	1714			
Temperado	IH-1	> 1800 < 2100				
Temperado quente	IH+1	> 2100 < 2400		2361		
Quente	IH+2	>2400 < 3000			2538	
Muito quente	IH+3	> 3000				3265 a 3669
Índice de Frio Noturno - IF (°C)						
De noites quentes	IF-1	> 18				18,1 a 22,2
De noites temperadas	IF-2	> 14 < 18		16,1	16,6	
De noites frias	IF+1	> 12 < 14	12,1			
De noites muito frias	IF+2	< 12				
Índice de Seca - IS (mm)						
Úmido	IS-2	< 150	200	200		
Subúmido	IS-1	< 150 > 50			124	51 a -181
De seca moderada	IS+1	< 50 > -100				
De seca forte	IS+2	< -100				
Clima Vitícola			IH-2 IF+1 IS-2	IH+1 IF-1 IS-2	IH+2 IF-1 IS-1	IH+3 IF-2 IS-1 a IS+2

¹Clima vitícola com variabilidade intra-anual: índices climáticos vitícolas variam em função da época do ano em que a uva for produzida.

Extraído de Brighenti e Tonietto (2004).

3.2 FISIOGRAFIA

3.2.1 Relevô

Em São Joaquim são encontradas as unidades de relevô Planalto Dissecado Rio Iguau/Rio Uruguai, onde a forte dissecação do relevô é caracterizada por vales profundos e encostas em patamares; e Planalto dos Campos Gerais, caracterizado por blocos de relevôs isolados situados topograficamente acima das áreas circundantes (Fig. 7) (SANTA CATARINA, 1991). De acordo com Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a), esses blocos nos arredores do município compreendem o Platô de São Joaquim, cuja quebra de relevô que o delimita coincide com a área da unidade vulcânica ácida, distribuída por cerca de 280 km².

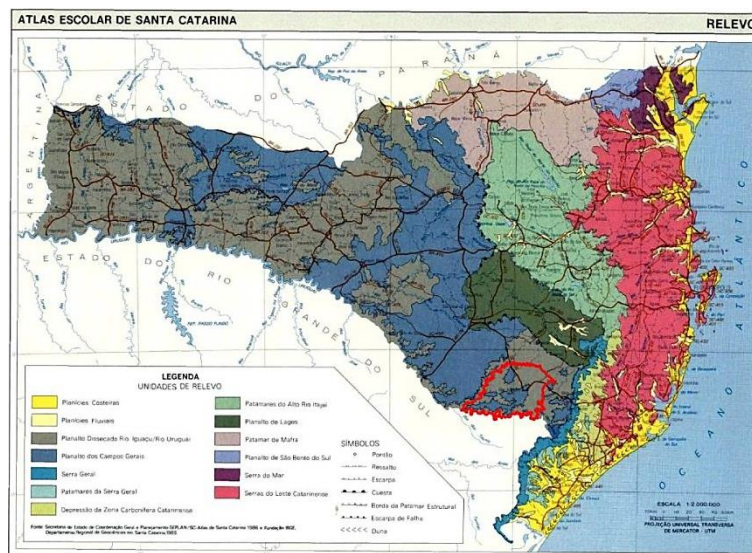


Figura 7. Representação esquemática do mapa geomorfológico do Estado de Santa Catarina (escala 1:2.000.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de Santa Catarina (1991).

3.2.2 Hipsometria

O município de São Joaquim possui cotas altimétricas entre 800 a 1600 metros (Fig. 8) (SANTA CATARINA, 1991). De acordo com Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a), o Platô de São Joaquim possui cotas entre 1100 metros na sua borda sudoeste e 1450 metros na parte oposta, apresentando um suave aclave para nordeste. O entorno do Platô possui vales profundos com 200 a 300 metros de desnível, geralmente encaixados em interflúvios e morros cujas altitudes alcançam até 1.750 metros (BESSER, VASCONCELLOS e NARDY, 2015a).

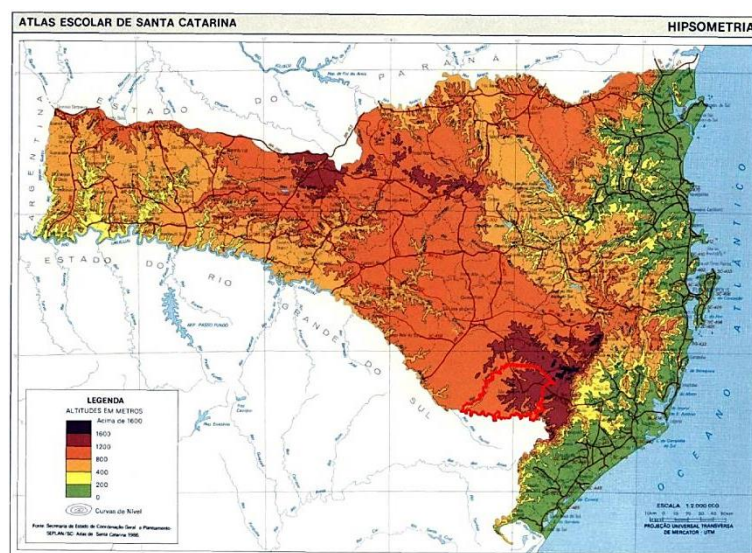


Figura 8. Representação esquemática do mapa hipsométrico do Estado de Santa Catarina (escala 1:2.000.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de Santa Catarina (1991).

3.2.4 Hidrografia

O município de São Joaquim está inserido na sub-bacia do rio Pelotas, bacia do rio Uruguai (Fig. 9). A sub-bacia possui 7.268 km² e o comprimento dos seus cursos d'água chega a 12.824 km (SANTA CATARINA, 1991).

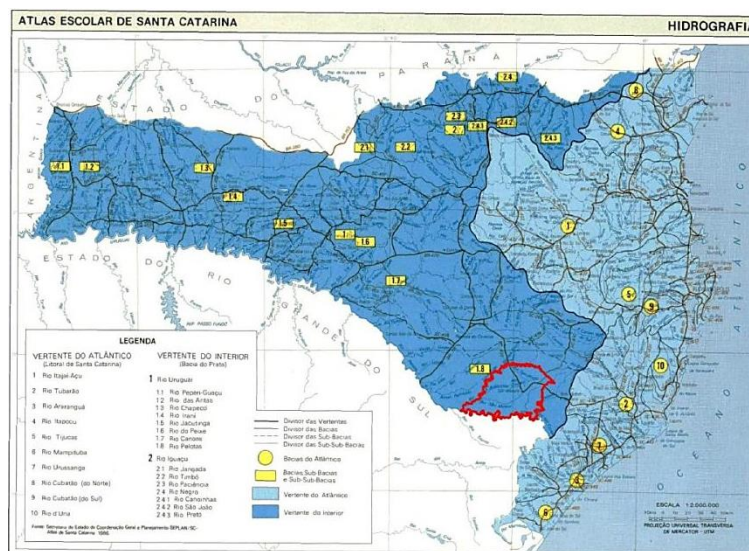


Figura 9. Representação esquemática do mapa hidrográfico do Estado de Santa Catarina (escala 1:2.000.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de Santa Catarina (1991).

3.3 PEDOLOGIA

De acordo com o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de Santa Catarina (POTTER et al., 2004), e conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), no município de São Joaquim predominam os solos Cambissolos Húmicos e Háplicos, ambos Alíticos; Nitossolos Brunos Alúminicos e Neossolos Litólicos Húmicos e, ou, Distróficos (Fig. 10). De acordo com EMBRAPA (2013a), os Cambissolos são um grupamento de solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente (Bi), sendo este caracterizado por apresentar uma pedogênese pouco avançada em relação às alterações de ordem química e física. Porém, estas alterações são suficientes para expressar o desenvolvimento de cor ou da estrutura do solo, assim como mais de 50% do horizonte Bi não deve ser constituído do material de origem exposto pela estrutura da rocha. Os Neossolos são um grupamento de solos poucos evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido, caracterizados por solos em vias de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, seja por características inerentes ao material originário. E os Nitossolos são um grupamento de solos que apresentam avançada evolução pedogénica devido à atuação do processo pedogénico de ferralitização (Ker et al., 2012). Estes solos apresentam um horizonte chamado de B nítico (Bt), o qual se caracteriza por ser argiloso ou muito argiloso, sem presença de acúmulo de argila do horizonte superficial (A) para o subsuperficial (Bt). Devido a sua elevada pedogênese, apresenta uma estrutura

bem definida, em blocos ou prismática, com grau de desenvolvimento moderado ou forte, e recoberta com cerosidade e, ou, superfícies de compressão.

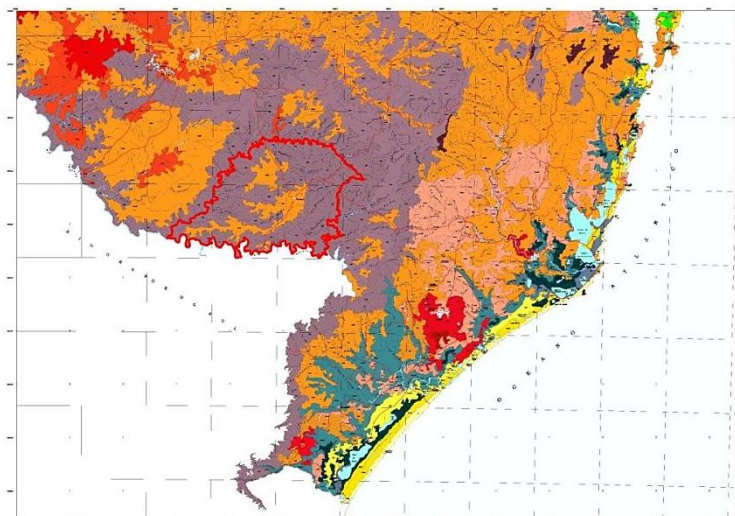


Figura 10. Representação esquemática do mapa pedológico da porção sudeste do Estado de Santa Catarina (escala 1:250.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Em laranja: Cambissolos Alíticos húmicos e em roxo: Solos Litólicos Distróficos. Modificado de Embrapa (1998).

3.4 GEOLOGIA

Em São Joaquim são encontrados os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral (Fig. 11), onde os derrames da unidade vulcânica básica estão sobrepostos pelos da unidade ácida. Segundo Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a), as rochas da unidade vulcânica básica, que ocupam a maior parte do município, estão dispostas na forma de derrames pahoehoe e são classificados como basaltos do tipo Gramado, além de soleiras gabróicas do tipo Urubici (BESSER, VASCONCELLOS e NARDY, 2015b). Já as rochas da unidade vulcânica ácida configuram-se como derrames extensos de geometria trabular e espessura de até 100 metros e são consideradas como sendo do tipo Palmas (baixo-Ti) (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008). Um mapeamento geológico de detalhe vem sendo realizado pelo pesquisador da CPRM, Marcell Leonard Besser, com o intuito de classificar as diferentes unidades ácidas do Platô de São Joaquim (Fig. 12).

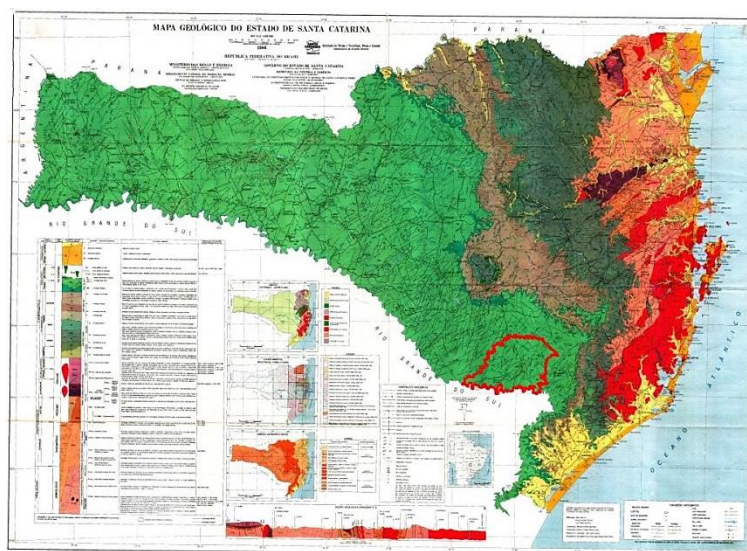


Figura 11. Representação esquemática do mapa geológico do Estado de Santa Catarina (escala 1:500.000) com destaque para o município de São Joaquim (em vermelho). Modificado de DNPM (1986).

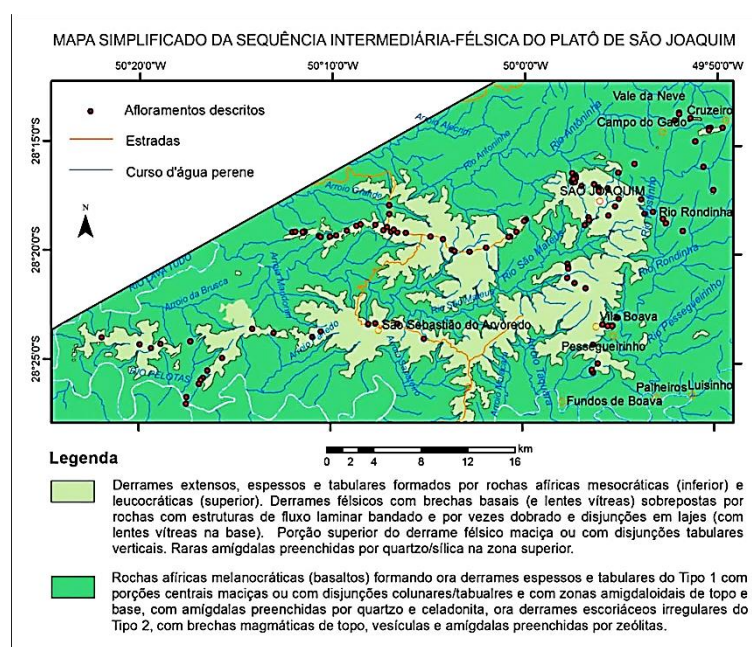


Figura 12. Mapa geológico simplificado do Platô de São Joaquim (escala 1:50.000), porção centro-sul da área de estudo. Retirado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).

Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a) agruparam as rochas vulcânicas de São Joaquim em 6 categorias correspondes às unidades litológicas: basaltos de platô, sistemas de dique ou soleira, rochas vulcânicas intermediárias, saprólito amarelo de transição, *pitchstone*, rochas félsicas bandadas e rochas félsicas maciças. Na figura 13 é apresentada a compartimentação proposta por estes autores, onde a compartimentação estratigráficas das rochas sobrepostas aos basaltos arquiteta-se da seguinte forma: (1) nível decamétrico de rochas de caráter transicional, representadas por vulcanitos afaníticos de cor cinza-avermelhada ou vermelha, maciços a amígdaloideas podendo conter geodos decimétricos; (2) nível métrico saprolítico amígdaloide de cor amarela e geometria ondulada, com amígdalas estiradas e

atualmente preenchidas por argilas brancas, brechas autoclásticas formadas por púmice/escória intemperizados e lentes de pitchstone; (3) nível basal félsico decamétrico formado por lentes de pitchstone e rochas afaníticas com bandamento de fluxo laminar plano-paralelo, contorcido ou dobrado; (4) nível félsico decamétrico com disjunções em lajes; (5) nível félsico de espessura decamétrica (até 65m) formado por rochas faneríticas finas maciças, com ou sem disjunções tabulares; (6) na porção superior do nível maciço observam-se raras amígdalas (BESSER, VASCONCELLOS E NARDY, 2015a).

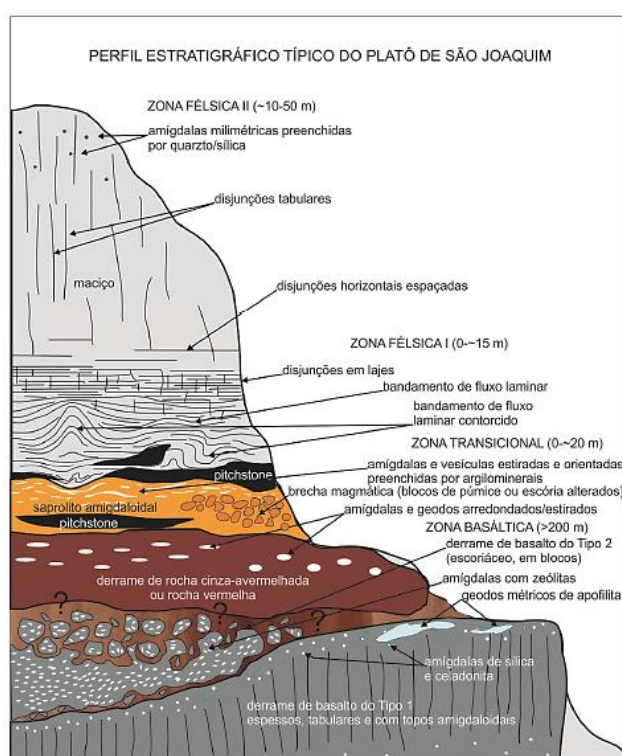


Figura 13. Perfil estratigráfico do Platô de São Joaquim. Retirado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).

3.5 VITICULTURA

Após o sucesso da safra de 1998, uma viticultura mais refinada se instalou em Santa Catarina com o intuito de produzir vinhos finos de qualidade em regiões de altitude como São Joaquim, Campos Novos e Caçador (PROTAS e CAMARGO, 2011). A Epagri, em 2000, deu início ao projeto Tecnologias para o Desenvolvimento da Vitivinicultura no Planalto Serrano, para avaliar a adaptação das espécies de *Vitis vinifera* na Serra Catarinense (BRDE, 2005). Alguns anos depois, em novembro de 2005, foi fundada a Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude (ACAVITIS), que consolidou no Estado o Programa dos Vinhos Finos de Altitude de Santa Catarina. A partir deste programa foram realizados empreendimentos no município de São Joaquim, como o Projeto Quinta da Neve e o Projeto Villa Francioni (PROTAS e CAMARGO, 2011).

Atualmente o Estado vem se destacando no mercado, produzindo vinhos de qualidade, com coloração e aromas intensos, e mais encorpados que seus concorrentes nacionais. Para agregar mais valor e melhorar a qualidade dos seus vinhos, pretende-se implantar algumas Denominações de Origem em Santa Catarina. Neste sentido, a região mais promissora é São Joaquim, onde as condições climáticas do Planalto Serrano Catarinense são consideradas únicas em todo o Brasil e onde a maioria dos viticultores já manifestou interesse em produzir vinhos diferenciados e de qualidade (BRDE, 2005). De acordo com Vianna et al. (2016), segundo os dados do cadastro vitícola de 2013, São Joaquim conta com 21 propriedades voltadas para a viticultura, totalizando 268 vinhedos, que ocupam uma área total de 168,13 hectares.

Borghazan et al. (2011) ao estudarem os estágios fenológicos de algumas variedades de uva em São Joaquim, perceberam que todas apresentaram maturação tardia em relação a outras regiões do Brasil. Segundo Vianna et al. (2016), a maturação tardia proporciona uma maior concentração de açúcares na uva, o que dará corpo ao vinho. Segundo Rosier (2003), a altitude elevada (superior a 1.000 metros), na latitude 28°, gera condições climáticas que proporcionam o deslocamento de todo o ciclo produtivo da videira. Diferente do restante das regiões viticultoras do Brasil, onde as uvas brotam no início de setembro e são colhidas em fevereiro, nas regiões de altitude em Santa Catarina, a brotação ocorre na segunda quinzena de outubro e finaliza sua maturação na segunda quinzena de abril, quando o índice de chuvas é bem menor e as temperaturas são mais amenas, fazendo com que a planta priorize o desenvolvimento do fruto ao invés do crescimento vegetativo (ROSIER, 2003).

4. METODOLOGIA

4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Para a geração do mapa base de localização do município foram adquiridos arquivos do tipo *shapefile* no site do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Epagri/Ciram (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>), pertencentes às Folhas São Joaquim e São Sebastião do Arvoredo, na escala 1:100.000 (EPAGRI/CIRAM, 2016). O arquivo *shapefile* contendo a localização e distribuição dos vinhedos, disponível no site da Epagri/Ciram, (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/igalt/>), foi cedido pelo pesquisador da Epagri, Luiz Fernando Vianna.

Os dados históricos da Estação de São Joaquim foram adquiridos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) (INMET, 2016), no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>). Para geração dos mapas fisiográficos foi adquirido o modelo digital de terreno (MDT) do município de São Joaquim, referente ao Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina (SDS, 2010), disponibilizado no site do Governo do Estado de Santa Catarina (<http://sigsc.sds.sc.gov.br/download/index.jsp>),

Na geração do mapa pedológico foram utilizados o mapa do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina na escala 1:250.000 (EMBRAPA, 1998) e o arquivo *shapefile* do mapa de solos do Estado (POTTER et al., 2004). Para a geração do mapa geológico foi utilizado como base o mapa geológico do Platô de São Joaquim de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a), na escala (1:50.000). Os trabalhos de Besser ainda não estão finalizados e por não abranger a totalidade da área do município de São Joaquim, a sua porção norte foi estimada com base no mapa geológico do Estado de Santa Catarina (DNPM, 1986), na escala 1:500.000.

4.2 TRABALHO DE CAMPO

Para a escolha da localização dos afloramentos a serem descritos, foi utilizado como critério as unidades vulcânicas delimitadas por Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a). Foram descritos pelo menos dois afloramentos em cada unidade, priorizando os afloramentos nos quais o solo encontrava-se sobreposto à rocha (material de origem), para que se pudesse observar a influência da geologia na formação dos solos da região e realizar a coleta tanto de amostras de rocha quanto de solo (Fig. 14A). Os solos foram observados em cortes de estradas e/ou, barrancos, em sua maioria com mais de 200 centímetros, quando possível (Fig 14B). As descrições foram realizadas conforme Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2013).



Figura 14. (A) Descrição de afloramento, onde é possível realizar a coleta tanto de rocha quanto de solo; e (B) Limpeza do perfil de solo em barranco.

4.3 AVALIAÇÃO DOS FATORES

Para a realização do mapa de aptidão do município de São Joaquim à viticultura destinada à produção de vinhos finos de altitude, os mapas gerados no software ArcGIS® (ESRI, 2011) foram analisados quanto aos seus diferentes elementos e classificados quanto à melhor condição ao cultivo da videira, através da análise multicriterial. Os mapas que estavam em formato *shapefile* foram convertidos para o formato *raster* através da ferramenta *Conversion tools > To raster > Feature to raster*. Neste trabalho é proposto que aos elementos dos fatores fisiográfico (direção e declividade das encostas), pedológico e geológico sejam atribuídas notas que variam de 0 a 10, segundo as suas aptidões para viticultura. Para isso foi utilizada a ferramenta *Spatial Analyst > Reclassify*. Os fatores pedológico e geológico foram analisados em conjunto, pois foi possível perceber uma correlação entre as características dos solos e o tipo litológico do qual foram desenvolvidos (material de origem).

Com todos esses mapas classificados, foi utilizada a ferramenta *Spatial Analyst > Raster Calculator* para realizar a análise multicriterial e gerar o mapa de aptidão à viticultura destinada a produção de vinhos finos de altitude do município de São Joaquim. Nesse cálculo foi realizada uma média aritmética simples dos elementos classificados ($\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{elemento}_i$), onde as classes do mapa de aptidão final foram definidas de acordo com os seguintes intervalos de valores: Ótimo (valores entre 10 e 9,5), Bom (valores entre 9,5 e 7), Regular (valores entre 7 e 5), Ruim (valores entre 5 e 2,5) e Péssimo (valores entre 2,5 e 0). Com o mapa de aptidão gerado foram utilizados os *shapefiles* dos rios e nascentes de São Joaquim (SDS, 2010), para a identificação das áreas de preservação permanente – APP's (raio de 50 metros ao redor das nascentes e uma faixa de 30 metros em cada margem dos rios), os *shapefiles* das vias interurbanas e urbanas de São Joaquim (EPAGRI/CIRAM, 2016), para a indentificação das estradas (5 metros de largura); e o *shapefile* com as áreas situadas abaixo de 900 metros de altitude, para a exclusão dessas áreas, visto que elas não são consideradas aptas à viticultura. Elas encontram-se no mapa de aptidão na cor vermelha, como parte da classe Péssimo.

4.3.1 Meteorológico

Os dados meteorológicos (temperatura, insolação e precipitação) de São Joaquim (Estação 83920; lat: 28° 18' 00" S e long: 49° 55' 48" O) (INMET, 2016), foram organizados uma tabela Excel e avaliados a partir dos valores descritos por Tonietto e Mandelli (2003) para temperatura; Sentelhas (1998) para a insolação; e Van Leeuwen (2010) para a precipitação.

4.3.2 Fisiográfico

O modelo digital de terreno (MDT) do município de São Joaquim (SDS, 2014), foi importado no software ArcGIS® (ESRI, 2011), onde foi classificado em classes de altitude de 100 em 100 metros. As direções das encostas foram calculadas automaticamente, utilizando a ferramenta *Aspect* do *Spatial Analyst Tool*, em Norte (0° - 22,5° e 337,5° - 360°), Nordeste (22,5° - 67,5°), Leste (67,5° - 112,5°), Sudeste (112,5° - 157,5°), Sul (157,5° - 202,5°), Sudoeste (202,5° - 247,5°), Oeste (247,5° - 292,5°), Nordeste (292,5° - 337,5°) e Plano (-1°); e para a declividade foi utilizada a ferramenta *Slope* do *Spatial Analyst Tool*, onde as declividades foram calculadas em porcentagem (%) e posteriormente classificadas de acordo com as fases de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), descritas a seguir: Plano - superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variando de 0 a 3 %. Suave ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas (elevações de altitudes relativas até 100m), apresentando declives suaves, predominantemente variando de 3 a 8 %. Ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives moderados, predominantemente variando de 8 a 20 %. Forte ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, formada por morros (elevações de 100 a 200m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variando de 20 a 45 %. Montanhoso - superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas e maciços montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes (superiores a 200 metros) e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variando de 45 a 75 %. Escarpado - superfícies muito íngremes, com vertentes de declives muito fortes, que ultrapassam 75%.

Para a avaliação da altitude foi considerado o valor estipulado pelo regulamento da marca coletiva Acavitis (2006), onde serão classificadas como inaptas todas as áreas abaixo de 900 metros de altitude. Para a avaliação da direção das encostas foi considerada a característica descrita por Melo (2003). As áreas com encostas voltadas para a face Norte foram consideradas da classe Ótimo (valor 10), as voltadas para as faces Nordeste e Noroeste como Bom (valor 7), as voltadas para as faces Oeste e Leste e as sem direção (Plano) como Regular (valor 5), as voltadas para as faces Sudeste e Sudoeste como Ruim (valor 2), e as voltadas para a face Sul como Péssimo (valor 0). Para a avaliação da

declividade foi considerado os valores de Jordan et al. (1981) e Dortzbach (2016). As encostas com declividades entre 3 e 20% foram enquadradas na classe Ótimo (valor 10), entre 0 e 3% e entre 20 e 45% considera-se como Regular (valor 5), entre 45 e 75% e superior a 75% são consideradas como Péssimo (valor 0).

4.3.3 Pedológico

Os atributos físicos e químicos que compõem as amostras coletadas dos perfis de solo foram determinados segundo as metodologias de Embrapa (1997) e Tedesco et al. (1995). As análises realizadas foram: Composição granulométrica (areia, silte e argila), pH em água, Índice SMP, $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, Al^{+3} , K^{+1} , $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$, P disponível e carbono orgânico total (COT). Em seguida foram calculados a soma de bases ($\text{SB} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$), os valores de saturação por alumínio ($\text{m}\% = 100 \cdot \text{Al}^{3+} / \text{SB} \cdot \text{Al}^{3+}$); a capacidade de troca de cátions $\{(\text{CTC a pH } 7 = \text{SB} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}) \text{ e CTC efetiva} = \text{SB} + \text{Al}^{3+}\}$, e percentagem de saturação de bases ($\text{V}\% = 100 \cdot \text{SB} / \text{CTC}_{\text{pH}7,0}$), CTC da fração argila ($\text{CTC}_{\text{argila}} = \text{CTC}_{\text{pH}7,0} / \% \text{ argila} \cdot 100$) e teor de matéria orgânica do solo ($\text{M.O} = \text{COT} \cdot 1,724$).

Para a classificação dos horizontes diagnósticos superficiais (A) e subsuperficiais (B), e posteriormente, classificação dos solos até o quarto nível categórico (Ordem, subordem, Grandegrupo e Subgrupo), seguiu-se o descrito no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a). Para a avaliação dos elementos dos solos foram utilizadas as características descritas por Melo (2003) e Dortzbach (2016).

4.3.4 Geológico

Foram descritos e coletados amostras de rocha e/ou solo em 11 afloramentos (Tabela 6). Após o campo, foi feita a descrição macroscópica e microscópicas das amostras de rocha coletadas para identificar os minerais característicos de cada unidade geológica. Oito amostras foram selecionadas para laminação e encaminhadas para o LabLAM - UFSC (SJE-001A, SJE-001B, SJE-002, SJE-003, SJE-004, SJE-006, SJE-009 e SJE-011). Os aspectos mineralógicos e texturais das rochas foram descritos com uso do microscópio óptico (Olympus BX41TF).

Quatro amostras foram enviadas para análise geoquímica no laboratório SGS GEOSOL para caracterização química das unidades geológicas e posterior comparação com as análises químicas dos solos (SJE-001A, SJE-001B, SJE-003 e SJE-004). Foram utilizados os métodos XRF79C: Fusão com tetraborato de lítio e quantificação por fluorescência de raio-X para determinação dos elementos maiores; PHY01E: LOI (Loss on ignition) para determinação dos valores de perda ao fogo por calcinação da amostra a 405 °C e/ou 1000 °C; e ICP95A: Determinação por Fusão de Lítio via ICP OES e IMS95A: Determinação por Fusão com Metaborato de Lítio via ICP MS, para determinação de

elementos traços e terras raras. Os dados da amostra SJ-83 foi cedida pelo pesquisador da CPRM, Marcell Leonard Besser.

Tabela 6. Pontos amostrados com as suas respectivas coordenadas, unidades e amostras coletadas.

PONTO	UTM N	UTM E	UNIDADE	AMOSTRA (ROCHA)	AMOSTRA (SOLO)
SJE-001	597161	6882311	Basáltica	001A e 001B	-
SJE-002	579788	6867382	Dacítica	002	A1, A2, AB, BA, B1 e B2
SJE-003	581890	6866930	Riolítica	003	A1, A2, A3, AB, B1 e B2
SJE-004	599146	6878349	Basáltica	004	A1, A2, A3, AB, BA, B e BC
SJE-005	605915	6871614	Dacítica	005	A1, A2, A3, A4, AB, BA, B1 e B2
SJE-006	565353	6857712	Riolítica	006	A1, A2, A3 e Cr
SJE-007	584771	6859358	Riolítica	007	A1, A2, A3, A4, AB e B
SJE-008	599385	6861058	Riolítica	008	A1, A2, AB e B
SJE-009	603314	6862445	Dacítica	009	O, A1, A2, AB, B e BC
SJE-010	601780	6864546	Dacítica	010A, 010 B e 010C	-
SJE-011	601199	6875645	Basáltica	011	A1, A2, AB, B1 e B2

5. RESULTADOS

Neste item serão apresentados os resultados das análises realizadas nos quatro fatores (meteorológico, fisiográfico, pedológico e geológico) que influenciam o cultivo da videira e compõem o *terroir* de São Joaquim. Os fatores geológico e pedológico serão abordadas conjuntamente, posto que nos afloramentos foram realizadas coletas tanto de rocha quanto de solo para tentar correlacionar o material de origem com o solo formado. O fator meteorológico foi descrito para todo o município já que há somente uma estação com os dados meteorológicos históricos disponíveis para análise (INMET, 2016). Já o fator fisiográfico foi descrito e analisado a partir do MDT do município de São Joaquim (SDS, 2010).

5.1 DADOS GEOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS

Nesta seção são apresentadas as principais características geológicas, descritas em afloramento e ao microscópio petrográfico; e pedológicas, descritas em perfis de solos e através das análises físicas e químicas. Após realizada a análise microscópica das amostras de rocha e laboratoriais das amostras de solo, foram escolhidos seis afloramentos como representativos de cada unidade geológica: basáltica (SJE-004 e SJE-011), dacítica (SJE-002 e SJE-009), e riolítica (SJE-003 e SJE-006) (Fig. 15). Além da coleta no ponto SJE-001 para a realização da análise geoquímica, pois esse afloramento encontra-se na unidade basáltica do mapa geológico, no entanto, no mapa de solos está localizado no tipo de solo associado às unidades dacíticas e riolíticas, como pode ser visto comparando as figuras 15 e 16.

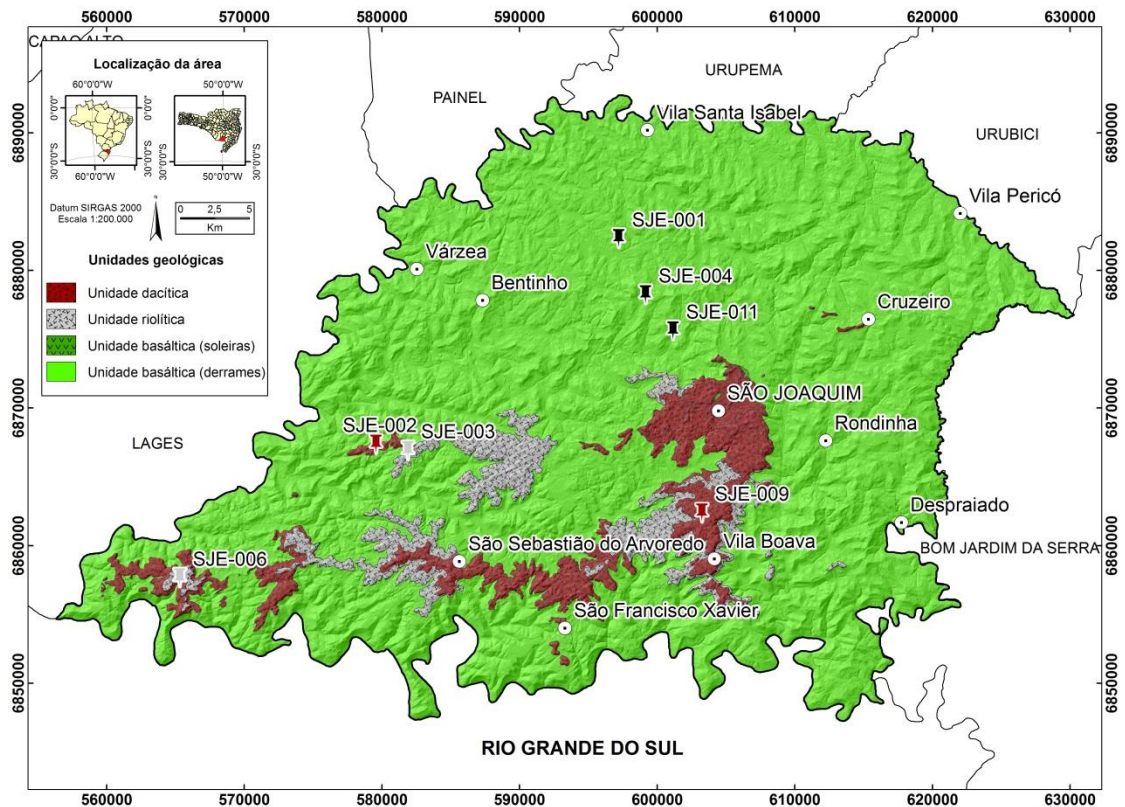


Figura 15. Mapa geológico simplificado com as três unidades geológicas principais: basáltica (em verde, pontos SJE-001, SJE-004 e SJE-011), dacítica (em bordô, pontos SJE-002 e SJE-009) e riolítica (em cinza, pontos SJE-003 e SJE-006). Modificado de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015a).

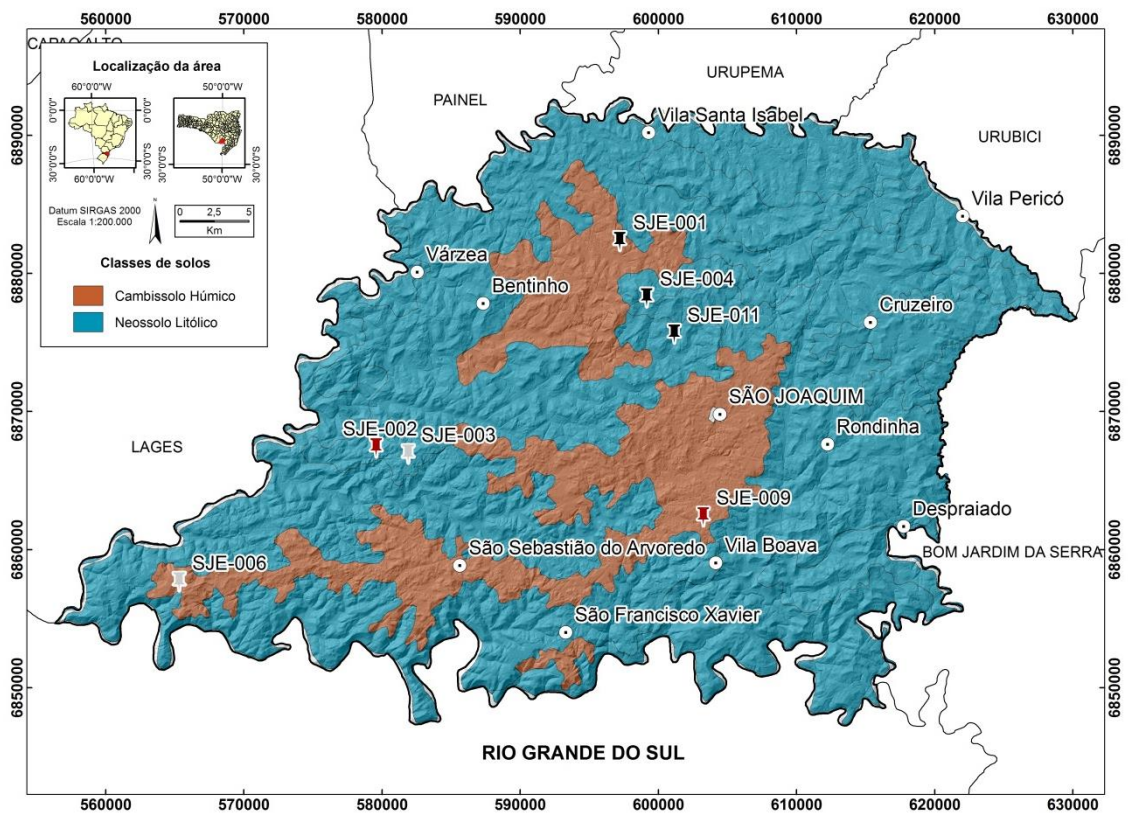


Figura 16. Mapa pedológico simplificado com as duas classes de solo principais: Neossolos Litólicos (em azul, pontos SJE-002, SJE-003, SJE-004 e SJE-011) e Cambissolos Húmicos (em marrom, pontos SJE-001, SJE-006 e SJE-009). Modificado de Potter et al. (2004).

5.1.2 Unidade basáltica

Foram amostrados três pontos nesta unidade (SJE-001, SJE-004 e SJE-011) (Fig. 15), onde foi realizada a descrição de dois afloramentos de rocha e perfis de solo (SJE-004 e SJE-011) e a coleta de uma amostra de rocha para geoquímica (SJE-001).

5.1.2.1 SJE-001

O ponto SJE-001 (UTM: 597161/6882311; altitude: 1230 m) está localizado em um corte de estrada na SC-114 sentido N, a cerca de 18 km do centro de São Joaquim (Fig. 17). O relevo regional é suave ondulado a ondulado (entre 3 e 20%) e o relevo local é ondulado (entre 8 a 20%).

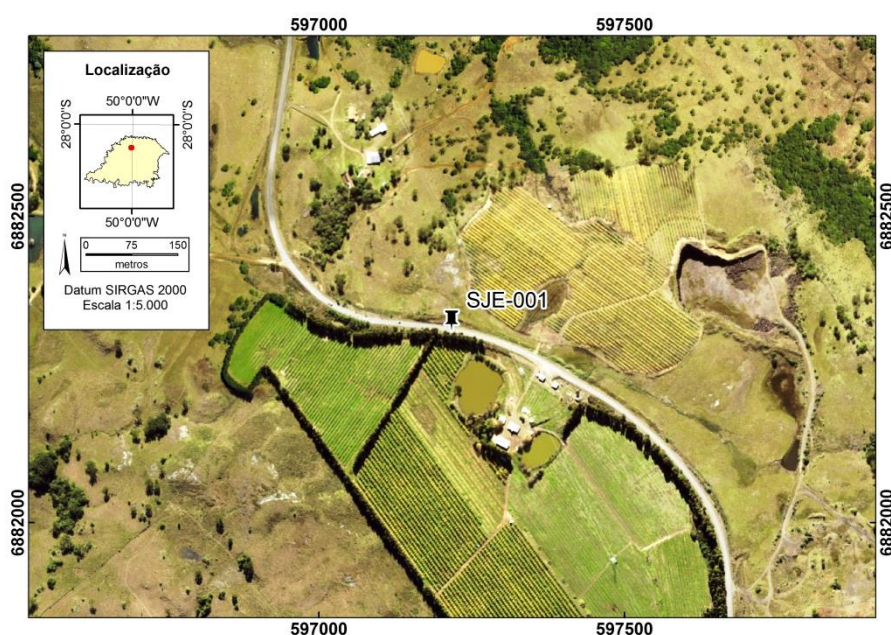


Figura 17. Figura de localização do ponto SJE-001. Modificado de SDS (2010).

5.1.2.1.1 Geologia

Trata-se de uma soleira, que em afloramento apresenta extensão de 100 m x 5 m (Fig. 18A). Sua estrutura é tabular apresentando disjunções colunares com espaçamento de 5 a 25 cm (Fig. 18B). A rocha possui coloração cinza escura, estrutura maciça e textura afanítica, apresentando em alguns locais xenocristais de piroxênio e xenólitos de rocha vulcânica básica fanerítica média (Fig. 18C). Na porção superior da soleira há uma falha, onde se verifica feições de cataclase e uma zona de alteração de até 80 cm, contendo fragmentos de rocha e minerais de alteração de coloração branca e amarela. (Fig. 18D).

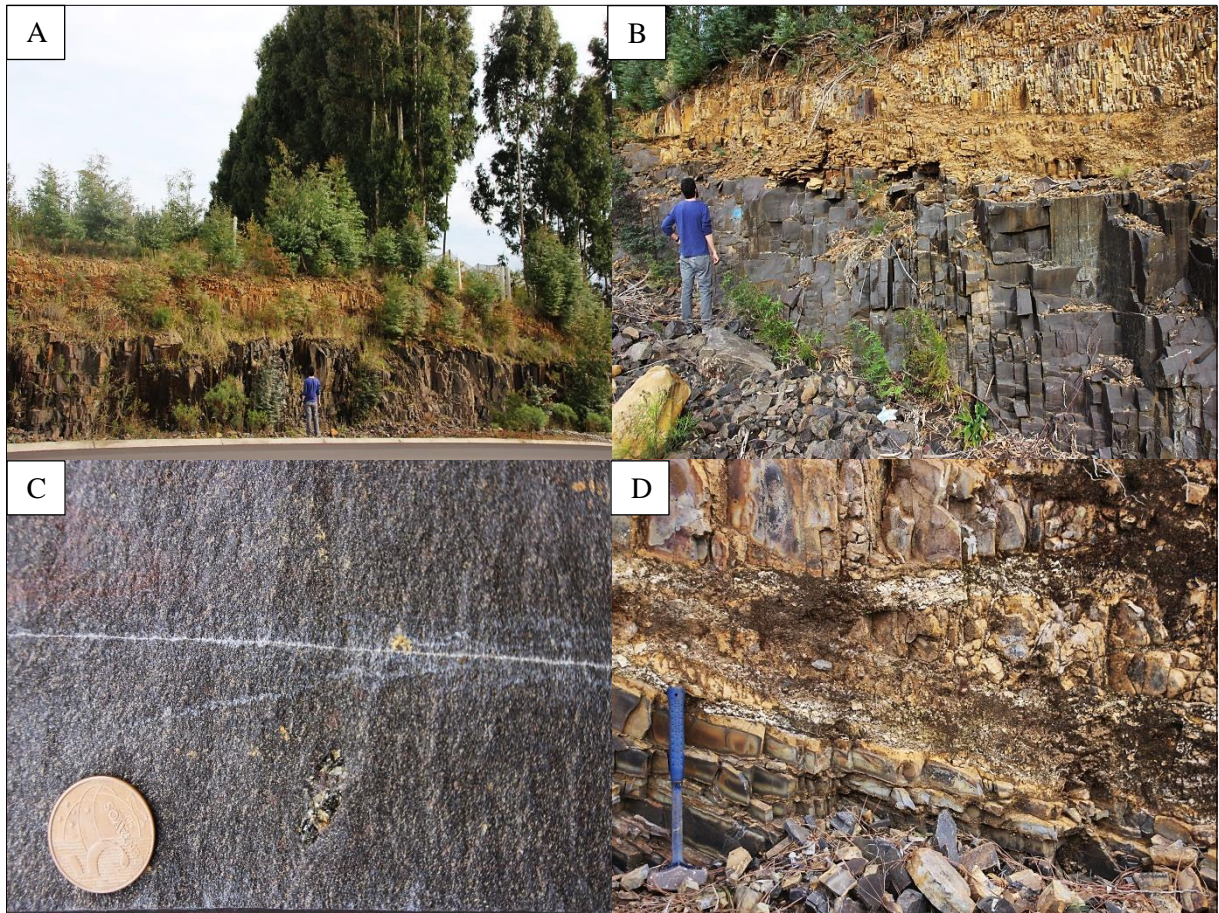


Figura 18. (A) Afloramento em corte de estrada mostrando a dimensão da soleira; (B) Vista frontal da soleira basáltica com disjunções colunares verticais (5 a 25 cm) e zona de alteração na sua porção superior; (C) Detalhe do xenólito de rocha máfica fanerítica; e (D) Detalhe da zona de falha preenchida por material de alteração (80 cm) caracterizada por material argiloso.

A mineralogia da amostra SJE-001A (porção inferior da soleira) é composta por cristais prismáticos subédricos a euédricos de plagioclásio (tamanho médio de 0,25 mm e máximo de 0,5 mm), por vezes dispostos em agregados radiais, cristais anédricos a subédricos de clinopiroxênio (tamanho máximo de 0,5 mm) e minerais opacos cúbicos a arredondados (tamanho médio de 0,05 mm e máximo de 0,1 mm), perfazendo 3 % da rocha (Fig. 19A e B). Já a mineralogia da amostra SJE-001B (porção superior da soleira) é semelhante à da SJE-001A, porém nesta rocha encontram-se cristais de ortopiroxênio, assim como maior volume de minerais opacos, e a rocha está mais alterada. É composta por cristais prismáticos euédricos de plagioclásio (tamanho médio de 0,25 mm e máximo de 1,00 mm), cristais de ortopiroxênio (de até 0,25 mm), clinopiroxênio (de até 0,3 mm) e minerais opacos (de até 0,15 mm) compondo 5 % da rocha (Fig. 19C e D).

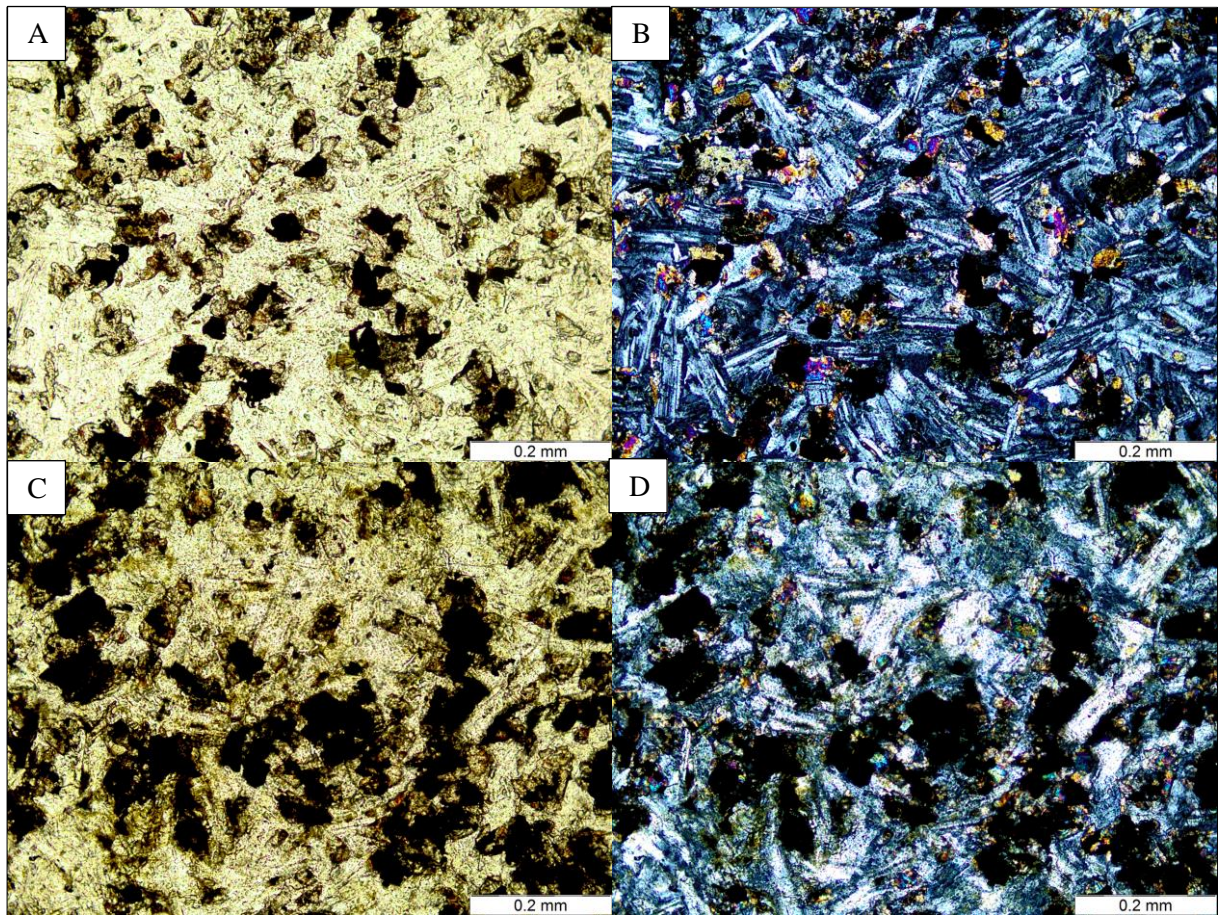


Figura 19. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-001, sendo A-B da base d a soleira (SJE-001A) e C-D do topo da soleira (SJE-001B). (A) Textura granular típica da rocha (10X – LN); (B) Cristais euédricos tabulares de plagioclásio e, localmente em agregados radiais (10X – LP); (C) Textura granular com cristais prismáticos de plagioclásio e minerais opacos cúbicos (10X – LN); (D) Maior volume de alteração da rocha destacada na transformação parcial dos cristais de plagioclásio para argilas e micas brancas (10X – LP).

5.1.2.2 SJE-004

O ponto SJE-004 (UTM: 599146/6878349, altitude: 1340 m) está localizado em corte de estrada na SC-114 sentido N, a cerca de 12 km do centro de São Joaquim (Fig. 20). O afloramento apresenta moderado grau de intemperismo e encontra-se no terço médio da paisagem apresentando relevo regional suave ondulado a forte ondulado (de 3 a 45%) e relevo local forte ondulado (entre 20 e 45%).

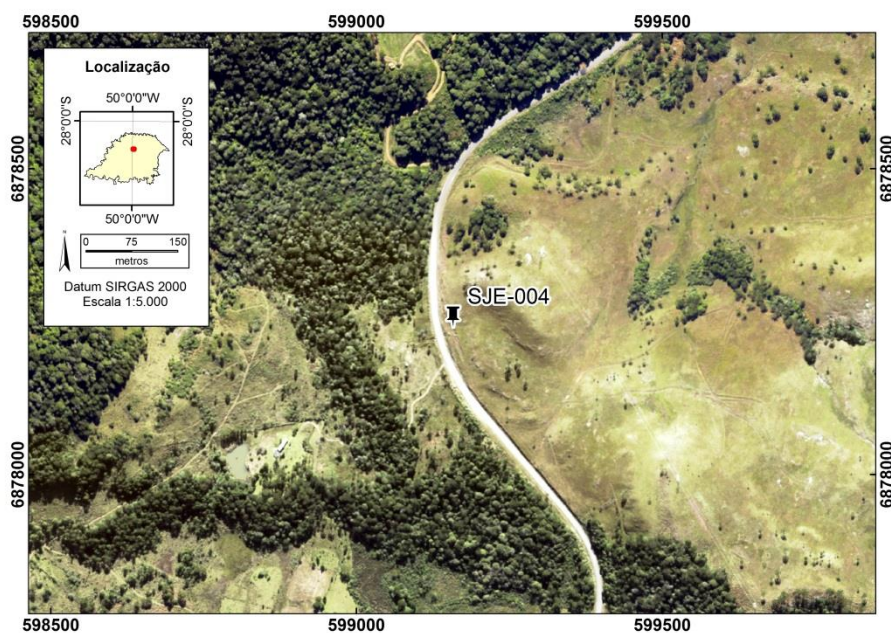


Figura 20. Figura de localização do ponto SJE-004. Modificado de SDS (2010).

5.1.2.2.1 Geologia

A rocha encontra-se em blocos subangulares com até 60 cm de diâmetro com fina camada de alteração de coloração amarelada, em meio a um solo de coloração marrom escura e textura argilosa, recoberto por pastagem e algumas araucárias (Fig. 21A). A amostra coletada apresenta coloração cinza clara, estrutura amígdaloíde com amígdalas de até 0,3 cm e textura afanítica (Fig. 21B).

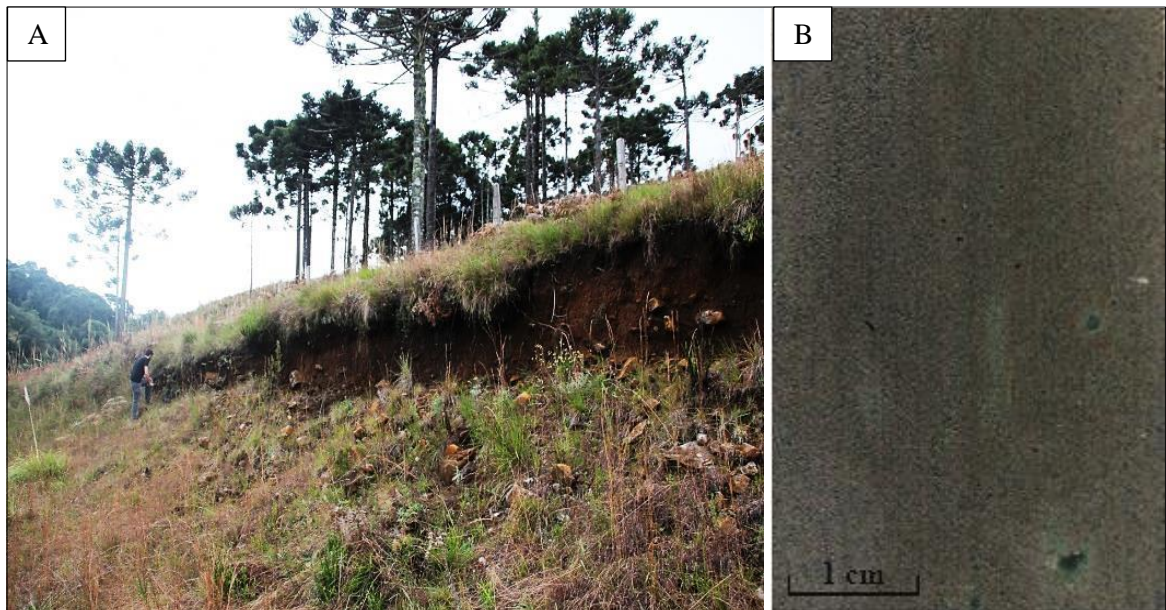


Figura 21. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível notar a declividade do terreno, a presença de blocos de basalto no solo e a vegetação dominada por araucárias; (B) Fotografia da amostra coletada, onde se pode observar a sua coloração escura e a presença de algumas amígdalas de até 0,3 cm.

Em lâmina delgada a amostra apresenta textura intergranular, sua mineralogia é composta por cristais de prismáticos subédricos de plagioclásio (tamanho médio de 0,04mm), cristais prismáticos subédricos de ortopiroxênio (tamanho médio de 0,02 mm), cristais prismáticos subédricos de clinopiroxênio (tamanho médio de 0,001 mm) e minerais opacos predominantemente cúbicos (tamanho médio de 0,02 e máximo de 0,08 mm) (Fig. 22A e B).

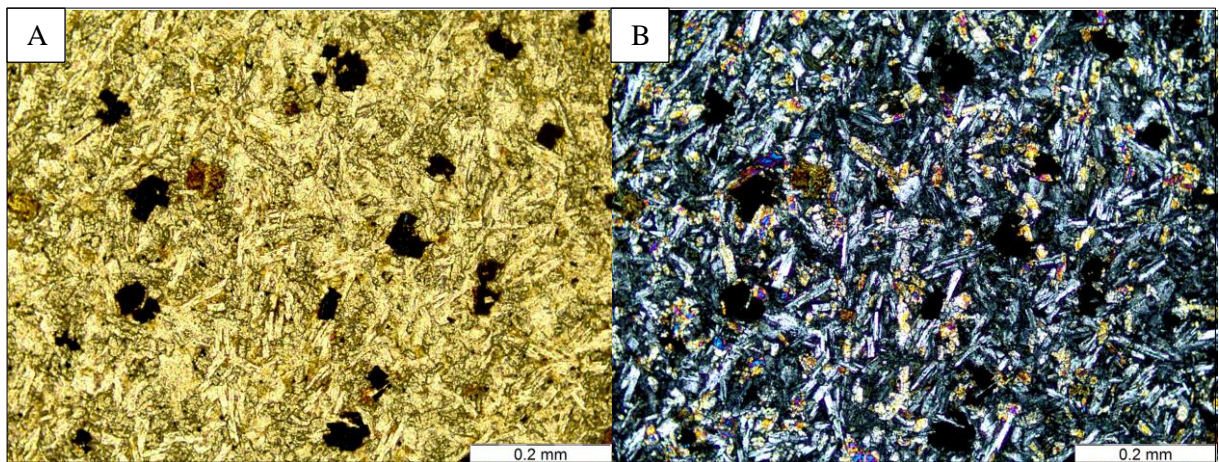


Figura 22. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-004. (A) Textura intergranular típica da rocha com primas de plagioclásio e cristais cúbicos de minerais opacos (10X – LN); (B) Cristais euédricos tabulares de plagioclásio com feições de entelhamento e pequenos cristais de piroxênio dispersos na rocha (10X – LP).

5.1.2.2.2 *Pedologia*

O solo do ponto SJE-004 é medianamente profundo, com espessura de solum de 75 cm, apresenta diversos blocos de rocha (> 5% de estrutura da rocha) e textura argilosa. Este perfil de solo

foi dividido em sete horizontes (A1, A2, A3, AB, BA, B e BC) (Fig. 23B), sua coloração varia de bruno-escuro (7,5YR 3/2) a bruno-forte (7,5YR 5/6), apresenta estrutura moderada a forte, granular muito pequena a grande e em blocos subangulares muito pequena a média, consistência de macia a dura (quando seco), muito friável a friável (quando úmido), ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa (quando molhado) (Tabela 7).

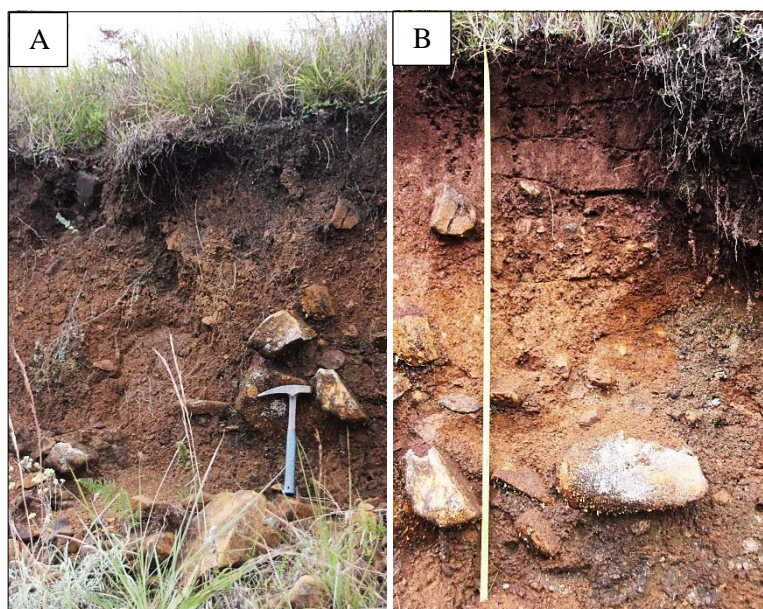


Figura 23. (A) Perfil de solo como ocorre naturalmente; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos, onde houve o aprofundamento do corte.

Tabela 7. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-004.

Horizontes SJE-004	Prof. (cm)	Cor seca (Munsell)	Cor úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência
A1	0 - 5 cm	7,5YR 3/2	7,5YR 2,5/2	G Mp a Md Mo	Ldu; Fr; Lpla e Lpeg
A2	5 - 12 cm	7,5YR 3/3	7,5YR 2,5/3	G Mp a Gd e Bsub Mp a Md Mo	M a Ldu; Fr; Lpla e Lpeg
A3	12 - 20 cm	7,5YR 3/3	7,5YR 3/2	Bang Mp a Md Mo	Ldu; Fr; Lpla a Pla e Lpeg
AB	20 - 28 cm	7,5YR 3/4	7,5YR 3/3	Bsub Mp a Md Mo	Ldu; Mfr a Fr; Lpla a Pla e Lpeg
BA	28 - 50 cm	-----	7,5YR 4/3	Bsub Mp a P Mo a Fo	Du; Mfr; Lpla a Pla e Peg
B	50 - 75 cm	-----	7,5YR 5/6	Bsub Mp a Md Mo a Fo	Du a Mdu; Mfr; Pla e Peg
BC	>75 cm [†]			horizonte não coletado	

Legenda: Estrutura: Quanto ao grau: F –Fraca, Mo –moderada, Fo – Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P – pequena, Md – media, Gd –grande, Mg - muito grande; Quanto à forma : Pp - prismática, Bang – blocos angulares, Bsub – blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seca : S – solta, M – macia, Ldu – ligeiramente duro, Du – duro, Mdu – muito duro, Edu – extremamente duro; Úmido: S – solta, Mfr – muito friável, Fr –friável, Fi – firme, Mfi – muito firme, Efi – extremamente firme; Molhado: Npla - não plástica, Pla – plástica, Lpla – ligeiramente plástica, Mpla – muito plástica, Npeg – não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg – pegajosa, Mpeg – muito pegajosa.

O pH varia de 5,17 a 5,49 (pH em água) e 5,07 a 5,42 (pH SMP). Os valores de acidez potencial (H + Al) variam de 8,5 a 12,7 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de alumínio (Al) varia de 0,70 a 3,45 cmol_c kg⁻¹; de cálcio (Ca) varia de 0 a 3,70 cmol_c kg⁻¹; de magnésio (Mg) varia de 0,62 a 5,82 cmol_c kg⁻¹; de fósforo (P) varia de 0,24 a 1,26 mg kg⁻¹; de potássio (K) varia de 20,50 a 154,03 mg kg⁻¹. A soma das bases (SB) varia de 0,70 a 9,91 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de carbono orgânico (C-org) varia de

11,70 a 62,58 g kg⁻¹ e de matéria orgânica (M.O) de 20,17 a 107,88 g kg⁻¹. A CTC_{pH 7,0} varia de 9,24 a 20,05 cmol_c kg⁻¹; a CTC_{efetiva} varia de 3,46 a 10,61 cmol_c kg⁻¹; e a CTC_{argila} varia de 16 a 45 cmol_c kg⁻¹. A saturação por bases (V%) varia de 7,15 a 49,43 %; e a saturação por alumínio (m%) varia de 6,60 a 82,94 % (Tabela 8).

Tabela 8. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-004.

Horizontes SJE-004	pH água	pH SMP	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
			cmol _c kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		
A1	5,49	5,27	10,1	0,70	3,70	5,82	1,26	154,03
A2	5,33	5,32	9,5	2,73	0,21	1,96	0,45	47,51
A3	5,17	5,07	12,7	3,45	0,02	1,01	0,25	37,01
AB	5,22	5,09	12,4	3,20	0,00	0,68	0,24	26,01
BA	5,28	5,36	9,1	3,43	0,00	0,63	0,26	29,51
B	5,38	5,42	8,5	2,78	0,03	0,62	0,37	20,50
Horizontes SJE-004	SB	CTC _{pH7,0}	CTC _{efetiva}	CTC _{argila}	V%	m%	C-org	MO
			cmol _c kg ⁻¹				g kg ⁻¹	
A1	9,91	20,05	10,61	45	49,43	6,60	62,58	107,88
A2	2,29	11,82	5,02	24	19,42	54,29	47,96	82,68
A3	1,13	13,81	4,58	28	8,15	75,39	38,19	65,83
AB	0,74	13,14	3,94	23	5,65	81,16	26,11	45,02
BA	0,70	9,85	4,13	17	7,15	82,94	21,60	37,23
B	0,70	9,24	3,48	16	7,59	79,83	11,70	20,17

O conteúdo de areia varia de 138 a 192 g kg⁻¹; de silte varia de 247 a 364 g kg⁻¹; e de argila varia de 448 a 584 g kg⁻¹. Esse solo pertence à classe textural argila (Tabela 9).

Tabela 9. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-004.

Horizontes SJE-004	Areia	Silte	Argila	Relação Silte/Argila	Classe Textural
	g.kg ⁻¹				
A1	187	364	448	0,81	Argila
A2	187	327	486	0,67	Argila
A3	192	323	485	0,67	Argila
AB	177	257	566	0,45	Argila
BA	169	247	584	0,42	Argila
B	138	295	567	0,52	Argila

De acordo com os parâmetros químicos observados na Tabela 8, os maiores valores de bases trocáveis no horizonte A1, assim como menores de Al, são decorrentes dos maiores teores de M.O. No horizonte B, os menores valores de bases trocáveis (SB), CTC, saturação por bases (V%) e atividade da fração argila, e altos teores de Al e saturação por Al (m%) refletem em condições de maior grau intemperismo químico, caracterizando solos Distróficos (V% < 50%) e com argila do tipo 1:1 (CTC_{argila} < 17 cmol_c kg⁻¹), conforme dados constante na Tabela 8.

Em relação à classificação dos horizontes diagnósticos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), o horizonte A é profundo (> 25 cm) e conforme as características morfológicas e químicas foi classificado como A húmico. Já o horizonte B, apesar de apresentar características químicas que indicam maior grau de intemperismo, devido a elevada proporção de estrutura da rocha e também de minerais primários, foi classificado como B incipiente. Dessa forma, este solo foi classificado como Cambissolo Húmico Distrófico típico.

As principais limitações para o uso agrícola deste solo são a baixa fertilidade natural, devido ao caráter Distrófico e aos altos teores de Al; impedimentos à mecanização e à susceptibilidade à erosão, devido ao relevo acidentado e também a expressiva presença de pedregosidade ao longo do perfil. Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), seu uso mais indicado seria para pastagem e, ou, fruticultura de clima temperado.

5.1.2.3 SJE-011

O ponto SJE-011 (UTM: 601199/6875645, altitude: 1260 m) está localizado em corte de estrada na SC-114 sentido norte, a cerca de 8 km do centro de São Joaquim (Fig. 24). O afloramento apresenta moderado grau de intemperismo, encontra-se no terço médio da paisagem apresentando relevo regional ondulado a forte ondulado (de 8 a 45%) e relevo local forte ondulado (entre 20 e 45%).

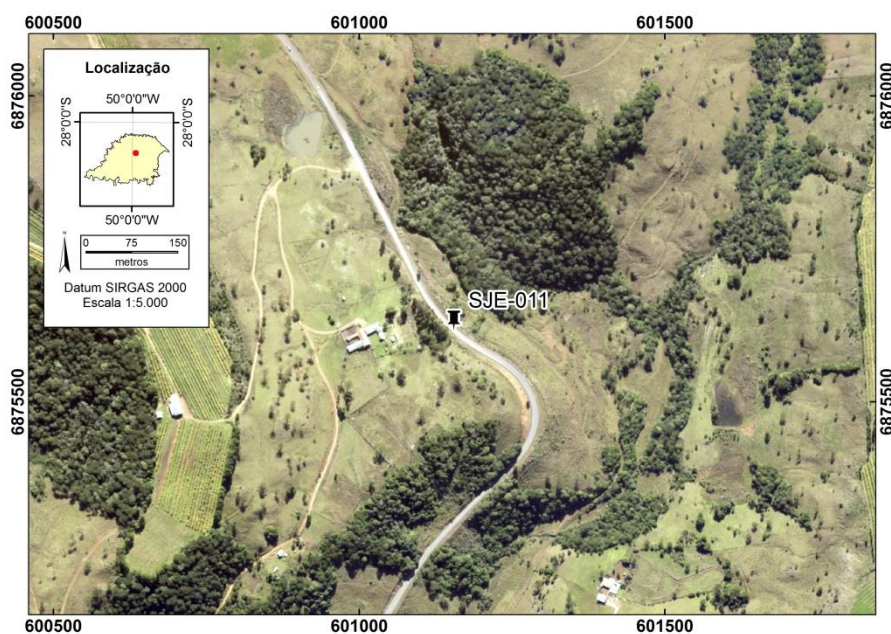


Figura 24. Figura de localização do ponto SJE-011. Modificado de SDS (2010).

5.1.2.3.1 *Geologia*

A rocha encontra-se em blocos angulosos de até 1,20 metros de diâmetro com uma fina camada de alteração de coloração amarelada e em alguns blocos com musgo de coloração esbranquiçada, em meio a um solo de coloração avermelhada e textura argilosa, recoberto por pastagem e pequenos arbustos (Fig. 25A). A amostra coletada tem coloração cinza escura, estrutura maciça e textura afanítica (Fig. 25B).

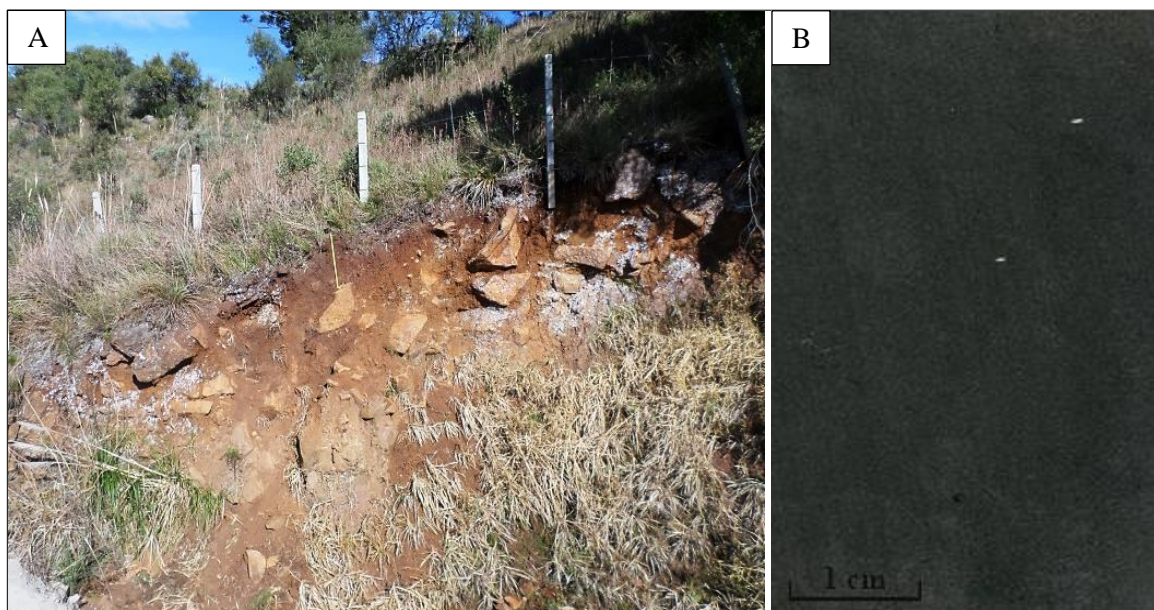


Figura 25. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível notar a espessura do perfil de solo e a grande quantidade de blocos de rocha presentes; (B) Fotografia da amostra coletada, onde se pode observar a sua coloração cinza e textura afanítica.

Em lâmina delgada a amostra possui textura intergranular, sua mineralogia é composta por cristais prismáticos euédricos a subédricos de plagioclásio (tamanho médio de 0,08 mm e máximo de 0,16 mm), cristais prismáticos subédricos de clinopiroxênio (tamanho médio de 0,005 mm e máximo de 0,08 mm), cristais prismáticos anédricos a subédricos de ortopiroxênio (tamanho médio de 0,02 mm e máximo de 0,06 mm) e cristais cúbicos (equidimensionais) de minerais opacos (tamanho médio de 0,01 mm) perfazendo de 5 a 10 % da rocha (Fig. 26A e B).

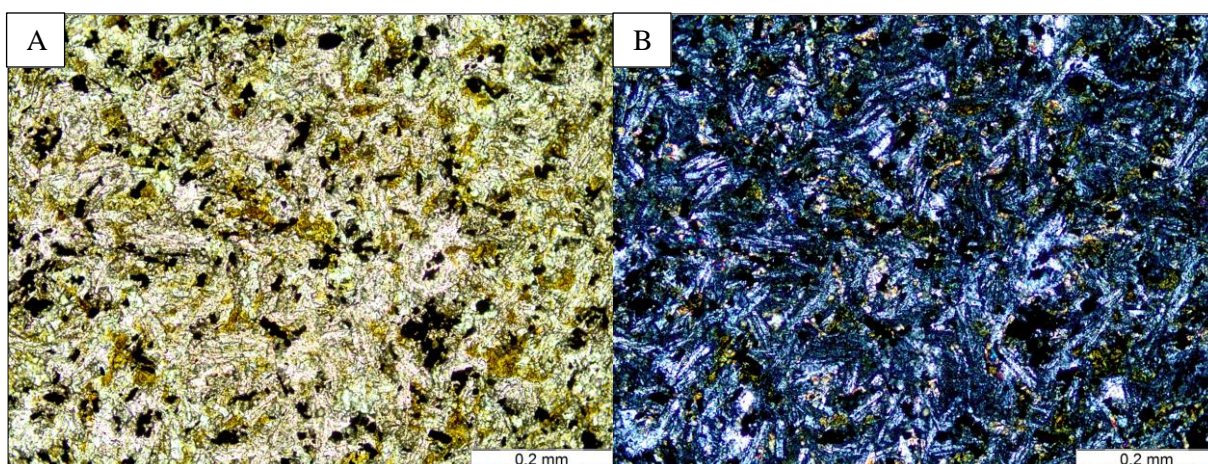


Figura 26. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-011. (A) Textura intergranular típica da rocha com primas de plagioclásio em agregados e minerais opacos disseminados e/ou em agregados (10X – LN); (B) Cristais euédricos tabulares de plagioclásio em aglomerados e com feições de entelhamo e pequenos cristais de piroxênio dispersos na rocha (10X – LP).

5.1.2.2.2 Pedologia

O solo do ponto SJE-011 é medianamente profundo, com espessura de solum maior do que 72 cm, apresenta diversos blocos angulosos de rocha (de até 50 cm de diâmetro) ao longo do perfil e textura binária, sendo mais siltosa no horizonte A e mais argilosa no horizonte B. Este perfil de solo foi dividido em cinco horizontes (A1, A2, AB, B1 e B2) (Fig. 27B), sua coloração varia de vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/2) a vermelho (10R 5/6), apresenta estrutura moderada a forte, granular muito pequena e em blocos angulares e subangulares muito pequena a média, consistência de ligeiramente dura a muito dura (quando seco), muito friável a muito firme (quando úmido), plástica a muito plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa (quando molhado) (Tabela 10).

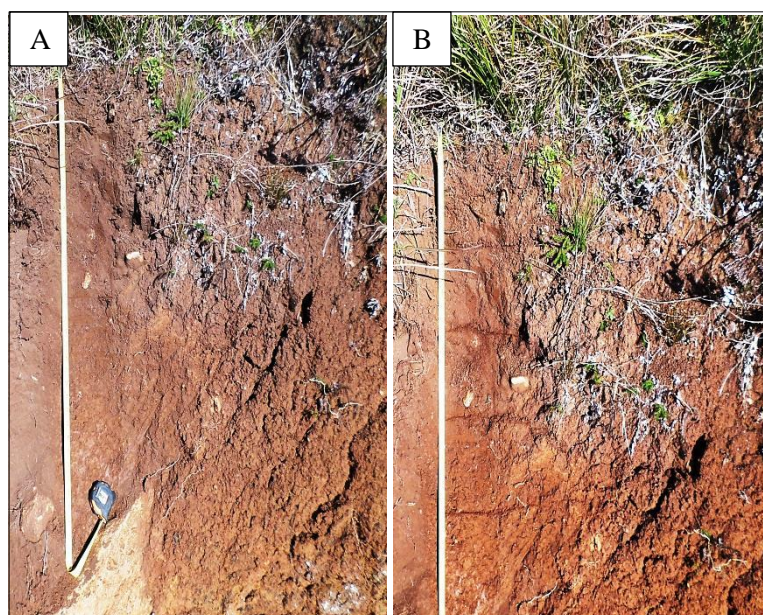


Figura 27. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos, apresentando estrutura prismática no horizonte B.

Tabela 10. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-011.

Horizontes SJE-011	Prof. (cm)	Cor seca (Munsell)	Cor úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência
A1	0 - 8 cm	10R 3/3	10R 3/2	G Mp e Bang Mp a P Mo	Ldu a Du; Mfr a Fr; Pla e Lpeg a Peg
A2	8 - 38 cm	10R 4/3	10R 3/3	G Mp e Bang Mp a Md Mo	Ldu a Du; Mfr a Fr; Mpla e Peg
AB	38 - 54 cm	10R 5/4	10R 4/4	Bang Mp a Md Mo	Ldu; Mfr a Fr; Mpla e Peg
B1*	54 - 72 cm	-----	10R 5/6	Bang e Bsub Mp a P Mo	Ldu; Mfr a Fr; Pla e Peg
B2*	> 72 cm ⁺	-----	10R 5/6	Bang e Bsub Mp a P Fo	Du a Mdu; Mfi; Pla e Peg

Legenda: Estrutura: Quanto ao grau: F –Fraca, Mo –moderada, Fo – Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P – pequena, Md – media, Gd –grande, Mg - muito grande; Quanto à forma : Pp - prismática, Bang – blocos angulares, Bsub – blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seca : S – solta, M – macia, Ldu – ligeiramente duro, Du – duro, Mdu – muito duro, Edu – extremamente duro; Úmido: S – solta, Mfr – muito friável, Fr –friável, Fi – firme, Mfi – muito firme, Efi – extremamente firme; Molhado: Npla - não plástica, Pla – plástica, Lpla – ligeiramente plástica, Mpla – muito plástica, Npeg - não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg – pegajosa, Mpeg – muito pegajosa. *Nos horizontes B1 e B2, observou-se estrutura prismática, que se desfaz em blocos.

O pH varia de 5,46 a 5,88 (pH em água) e 5,82 a 6,12 (pH SMP). Os valores de H + Al variam de 4,02 a 5,36 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. O conteúdo de Al varia de 0 a 1,38 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; de Ca varia de 1,95 a 11,52 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; de Mg varia de 1,79 a 4,80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; de P varia de 0,12 a 4,93 mg kg^{-1} ; de K varia de 6,50 a 86,52 mg kg^{-1} . A SB varia de 3,85 a 16,54 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. O conteúdo de C-org varia de 20,64 a 56,90 g kg^{-1} e de MO de 35,58 a 98,10 g kg^{-1} . A $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ varia de 7,88 a 20,83 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; a $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$ varia de 5,23 a 16,54 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; e a $\text{CTC}_{\text{argila}}$ varia de 11 a 56 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. A saturação por bases (V%) varia de 48,92 a 79,42 %; e a saturação por alumínio (m%) varia de 0 a 26,40 % (Tabela 11).

Tabela 11. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-011.

Horizontes SJE-011	pH água	pH SMP	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
			----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----			----- mg kg^{-1} -----		
A1	5,80	6,02	4,29	0,00	11,52	4,80	4,93	86,52
A2	5,84	6,08	3,98	0,14	7,34	3,26	1,34	24,75
AB	5,79	5,82	5,36	0,53	4,98	2,20	0,12	10,00
B1	5,70	6,06	4,07	0,95	2,67	1,79	0,15	7,50
B2	5,46	6,07	4,02	1,38	2,10	1,89	0,26	6,50
Horizontes SJE-011	SB	$\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$	$\text{CTC}_{\text{efetiva}}$	$\text{CTC}_{\text{argila}}$	V%	m%	C-org	MO
		----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----					----- g kg^{-1} -----	
A1	16,54	20,83	16,54	56	79,42	0,00	56,90	98,10
A2	10,67	14,65	10,81	40	72,80	1,30	42,51	73,29
AB	7,21	12,57	7,73	28	57,35	6,79	29,93	51,60
B1	4,48	8,55	5,43	14	52,37	17,51	25,90	44,66
B2	4,00	8,02	5,23	11	50,00	26,30	20,64	35,58

O conteúdo de areia varia de 70 a 140 g kg^{-1} ; de silte varia de 213 a 508 g kg^{-1} ; e de argila varia de 353 a 717 g kg^{-1} . Esse solo apresenta textura franco-argilosiltosa nos horizontes A1 e A2 textura argilosiltosa no horizonte AB; e textura muito argilosa nos horizontes B1 e B2 (Tabela 12). Isto caracteriza uma textura binária, acarretando em um gradiente textural elevado, sendo neste caso de 1,70.

Tabela 12. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-011.

Horizontes SJE-011	Areia	Silte	Argila	Relação Silte/Argila	Classe Textural
		g kg^{-1}			
A1	128	500	372	1,35	Franco-argilosiltosa
A2	136	499	365	1,37	Franco-argilosiltosa
AB	106	447	446	1,00	Argilosiltosa
B1	85	316	599	0,53	Muito argilosa
B2	70	213	717	0,30	Muito argilosa

Pela ausência de cerosidade e de aumento do complexo sortivo nos horizontes B, possivelmente o processo geral de translocação de argila é pouco expressivo neste perfil, sendo mais importante o processo de remoção ou perdas de argila, devido ao relevo forte ondulado, culminado no

processo pedogenético específico de Elutriação (KER et al., 2012)

De acordo com os parâmetros químicos observados na Tabela 11, verifica-se que tem-se um solo Eutrófico ($V\% \geq 50\%$) em todo o perfil. Além do material de origem basalto, os altos teores de bases trocáveis também estão relacionados aos teores de matéria orgânica que variam de 3,5 (horizonte B) a 9,8% (Horizonte A) no perfil do solo. Apesar de ser Eutrófico, este solo não apresenta argilas de alta atividade, o que indica um grau de intemperismo químico maior, com predomínio de argila do tipo 1:1 ($CTC_{\text{argila}} < 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), conforme dados constante na Tabela 11, assim como presença de óxidos de ferro (hematita) colorindo o solo de vermelho.

Em relação à classificação dos horizontes diagnósticos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), o horizonte A é profundo ($> 25 \text{ cm}$) e conforme as características morfológicas e químicas, foi classificado como A chernozêmico. Já o horizonte B, devido ao elevado gradiente textural foi classificado como B textural. Dessa forma, este solo foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico chernossólico.

As principais limitações para o uso agrícola deste solo são decorrentes do relevo acidentado, sendo impedimentos à mecanização e à susceptibilidade à erosão, somado à pedregosidade. Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), seu uso mais indicado seria para pastagem e, ou, fruticultura de clima temperado.

5.1.3 Unidade dacítica

Foram amostrados dois pontos nesta unidade (SJE-002 e SJE-005) (Fig. 15). Nos afloramentos encontramos os derrames dacíticos que em sua maioria são vesiculados, mas podem ocorrer também com geometria tabular ou brechados.

5.1.3.1 SJE-002

O ponto SJE-002 (UTM: 579788/6867382, altitude: 1105 m) está localizado em corte de estrada secundária de chão sentido W, a cerca de 30 km do centro de São Joaquim (Fig. 28). O afloramento apresenta baixo grau de intemperismo, encontra-se no terço médio da paisagem apresentando relevo regional forte ondulado a montanhoso (de 20 a 75%) e relevo local ondulado a forte ondulado (entre 8 e 45%).

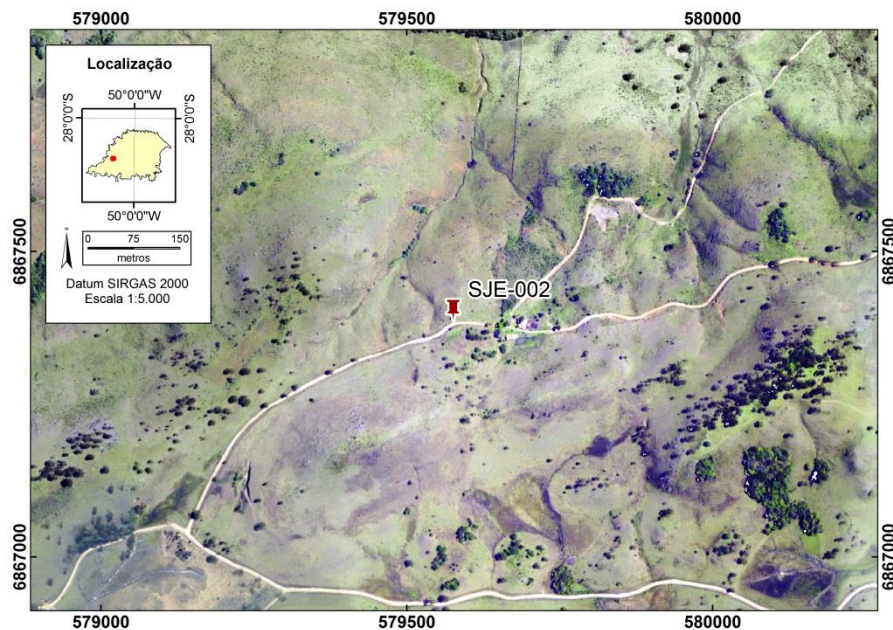


Figura 28. Figura de localização do ponto SJE-002. Modificado de SDS (2010).

5.1.3.1.1 Geologia

A rocha encontra-se como um derrame tabular vesiculado (Fig. 29A) com uma fina camada de alteração de coloração marrom escura a cinza clara. Ao longo do corte de estrada, sobre a rocha, tem-se um solo ora mais profundo em porções mais baixas do relevo e ora mais raso em porções mais altas e próximo à rocha. O solo é recoberto por pastagem e algumas araucárias e apresenta coloração alaranjada (brunada), sua textura argilosa e em meio ao solo é possível observar pequenos geodos de quartzo de 1 a 5 cm. A rocha apresenta coloração avermelhada, textura vesicular e amigdalóide com vesículas e amígdalas de até 0,2 cm, e textura afanítica (Fig. 39B).

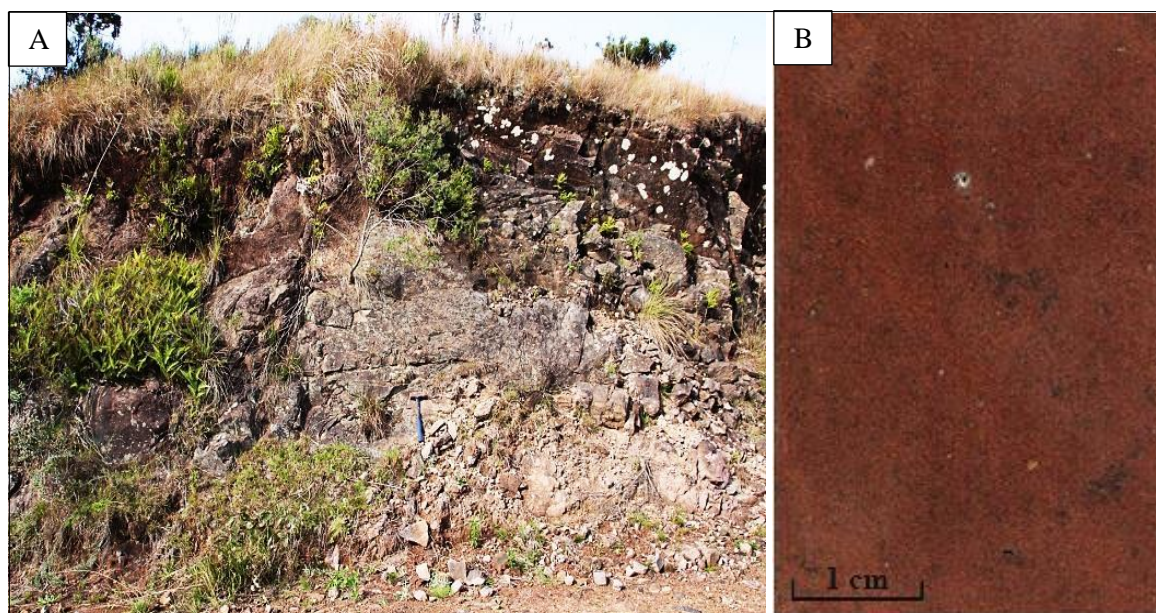


Figura 29. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível ver a estrutura tabular e, por vezes, lobada do

derrame; (B): Fotografia da amostra coletada, onde se pode observar a sua coloração avermelhada e a presença de algumas vesículas e amígdalas milimétricas.

Em lâmina delgada a amostra apresenta estrutura de fluxo, textura hipohialina, sua mineralogia é composta por cristais prismáticos subédricos e ripiformes de plagioclásio, que em alguns casos apresentam-se com terminação em rabo de andorinha e *in box*, em meio a uma matriz parcialmente desvitrificada (Fig. 30A e B).

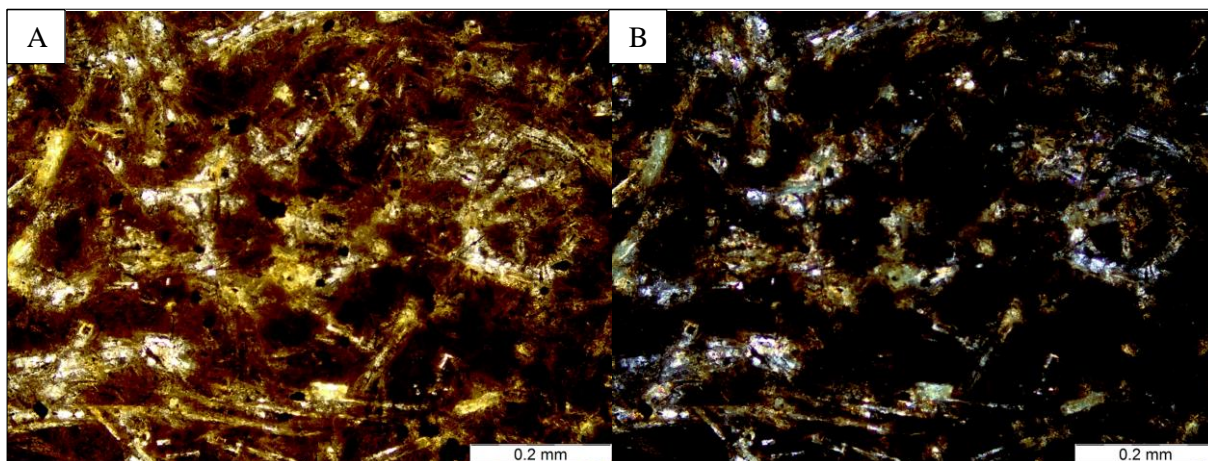


Figura 30. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-002. (A) Textura hipohialina típica da rocha com cristais ripiformes de plagioclásio com terminações em rabo de andorinha em matriz vítrea com feições de devitrificação (10X – LN); (B) Matriz devitrificada ressaltada e cristais ripiformes de plagioclásio (10X – LP).

5.1.3.1.2 Pedologia

O solo do ponto SJE-002 é medianamente profundo a profundo, com espessura de solum maior do que 80 cm e possui textura argilosa. Este perfil de solo foi dividido em seis horizontes (A1, A2, AB, BA, B1 e B2) (Fig. 31B), sua coloração varia de bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2) a bruno-forte (7,5YR 5/6), apresenta estrutura moderada a forte, granular muito pequena a média e em blocos angulares e subangulares muito pequena a média, consistência de macia a muito dura (quando seco), muito friável a firme (quando úmido), não-plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa (quando molhado) (Tabela 13).

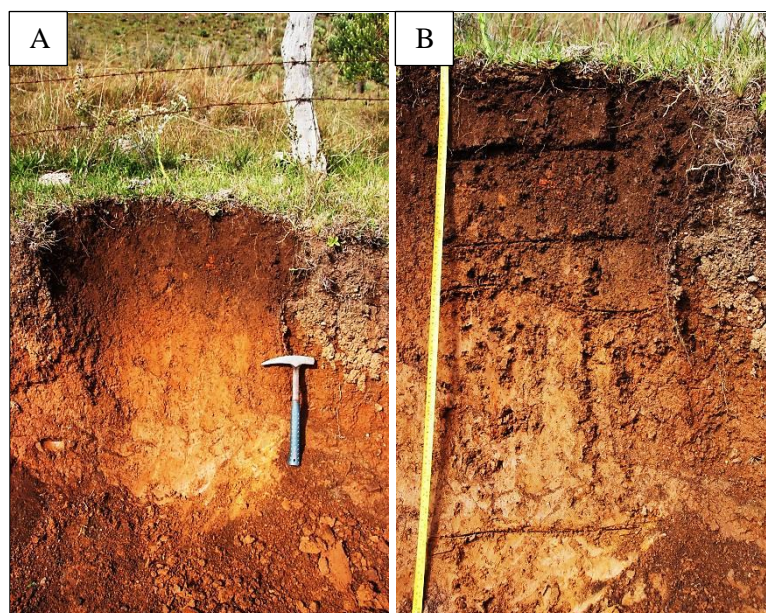


Figura 31. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos.

Tabela 13. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-002.

Horizontes SJE-002	Prof. (cm)	Cor seca (Munsell)	Cor úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência
A1	0 - 4 cm	7,5YR 2,5/3	7,5YR 2,5/2	G Mp a P Mo	M a Ldu; Fr; Lpla a Pla e Lpeg
A2	4 - 14 cm	7,5YR 3/3	7,5YR 2,5/3	G Mp a Med e Bsub Mp a P Mo	Ldu a Du; Mfr a Fr; Lpla a Pla e Lpeg
AB	14 - 30 cm	7,5YR 3/4	7,5YR 3/3	Bang Mp a P Mo	Ldu a Du; Mfr; Lpla e Lpeg
BA	30 - 40 cm	-----	7,5YR 3/4	Bang e Bsub Mp a P Mo	Ldu a Du; Mfr a Fr; Npla a Lpla e Lpeg a Peg
B1	40 - 80 cm	-----	7,5YR 4/6	Bsub Mp a Md Mo a Fo	Du a Mdu; Mfr; Lpla e Lpeg
B2	> 80 cm ⁺	-----	7,5YR 5/6	Bsub Mp a Md Mo a Fo	Du a Mdu; Fi; Lpla e Lpeg

Legenda: Estrutura: Quanto ao grau: F –Fraca, Mo –moderada, Fo – Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P – pequena, Md – média, Gd –grande, Mg - muito grande; Quanto à forma : Pp - prismática, Bang – blocos angulares, Bsub – blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seca : S – solta, M – macia, Ldu – ligeiramente duro, Du – duro, Mdu – muito duro, Edu – extremamente duro; Úmido: S – solta, Mfr – muito friável, Fr –friável, Fi – firme, Mfi – muito firme, Efi – extremamente firme; Molhado: Npla - não plástica, Pla – plástica, Lpla – ligeiramente plástica, Mpla – muito plástica, Npeg - não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg – pegajosa, Mpeg – muito pegajosa.

O pH varia de 4,72 a 4,98 (pH em água) e 3,90 a 5,22 (pH SMP). Os valores de H + Al variam de 4,02 a 5,36 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de Al varia de 2,90 a 8,10 cmol_c kg⁻¹; de Ca varia de 0 a 0,30 cmol_c kg⁻¹; de Mg varia de 0,30 a 2,36 cmol_c kg⁻¹; de P varia de 0,14 a 0,58 mg kg⁻¹; de K varia de 13 a 136,53 mg kg⁻¹. A SB varia de 0,33 a 3,01 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo C-org varia de 6,42 a 48,70 g kg⁻¹ e de MO de 11,08 a 83,95 g kg⁻¹. A CTC_{pH 7,0} varia de 13,69 a 49,37 cmol_c kg⁻¹; a CTC_{efetiva} varia de 5,91 a 8,57 cmol_c kg⁻¹; e a CTC_{argila} varia de 25 a 88 cmol_c kg⁻¹. A saturação por bases (V%) varia de 0,90 a 22,01 %; e a saturação por alumínio (m%) varia de 49,04 a 95,01 % (Tabela 14).

Tabela 14. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-002.

Horizontes SJE-002	pH água	pH SMP	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
			-----cmol _c kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----
A1	4,72	5,22	10,68	2,90	0,30	2,36	0,58	136,53
A2	4,89	4,57	22,66	5,10	0,02	1,08	0,53	55,01
AB	4,88	4,90	15,51	4,88	0,00	0,41	0,44	32,51
BA	4,79	4,54	23,32	6,35	0,00	0,30	0,26	13,00
B1	4,92	4,06	40,46	7,75	0,00	0,33	0,32	14,00
B2	4,98	3,90	48,90	8,10	0,00	0,42	0,14	19,00
Horizontes SJE-002	SB	CTC _{pH7,0}	CTC _{efetiva}	CTC _{argila}	V%	m%	C-org	M.O
	-----g kg ⁻¹ -----							
A1	3,01	13,69	5,91	25	22,01	49,04	48,70	83,95
A2	1,24	23,90	6,34	42	5,19	80,43	39,75	68,52
AB	0,49	16,00	5,37	31	3,08	90,81	29,23	50,40
BA	0,33	23,65	6,68	39	1,41	95,01	20,19	34,80
B1	0,37	40,83	8,12	73	0,90	95,49	8,04	13,86
B2	0,47	49,37	8,57	88	0,95	94,53	6,42	11,08

O conteúdo de areia varia de 109 a 241 g kg⁻¹; de silte varia de 248 a 321 g kg⁻¹; e de argila varia de 511 a 601 g kg⁻¹. Esse solo pertence à classe textural argila (Tabela 15).

Tabela 15. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-002.

Horizontes SJE-002	Areia	Silte	Argila	Relação	Classe Textural
	-----g.kg ⁻¹ -----			Silte/Argila	
A1	129	313	557	0,56	Argila
A2	133	299	567	0,53	Argila
AB	241	248	511	0,48	Argila
BA	109	290	601	0,48	Argila
B1	118	319	562	0,57	Argila
B2	120	321	559	0,57	Argila

De acordo com os parâmetros químicos observados na Tabela 14, os maiores valores de bases trocáveis no horizonte A1, assim como menores de Al, são decorrentes dos maiores teores de MO. No horizonte B, os menores valores de bases trocáveis (SB) e saturação por bases (V%), e altos teores de Al, saturação por Al (m%) e atividade da fração argila refletem em condições de maior grau intemperismo químico, caracterizando solos Distróficos (V% < 50%), porém com argila do tipo 2:1 (CTC_{argila} > 27 cmol_c kg⁻¹) e caráter alítico (teor de alumínio > 4 cmol_c kg⁻¹), conforme dados constante na Tabela 14.

Em relação à classificação dos horizontes diagnósticos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), o horizonte A é profundo (> 25 cm) e conforme as características morfológicas e químicas foi classificado como A proeminente, por não atender o requisito do somatório de C-org em relação à média ponderada da fração argila para caracterizá-lo como A húmico. Já o horizonte B foi classificado como B incipiente, devido a não observação de cerosidade e também a alta atividade da fração argila. Dessa forma, este solo foi classificado como Cambissolo Háplico Alítico úmbrico.

As principais limitações para o uso agrícola deste solo são a baixa fertilidade natural, devido ao caráter Distrófico e aos altos teores de Al; impedimentos à mecanização, devido ao relevo ondulado a montanhoso. Também apresenta problemas em relação à susceptibilidade à erosão devido ao relevo

acidentado da região. Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), seu uso mais indicado seria para pastagem e, ou, fruticultura de clima temperado.

5.1.3.2 SJE-009

O ponto SJE-009 (UTM: 603314/6862445, altitude: 1390 m) está localizado em corte de estrada secundária (sem nome, que leva até a localidade de Vila Boava) sentido S, a cerca de 10 km do centro de São Joaquim (Fig. 32). O afloramento apresenta moderado grau de intemperismo, encontra-se no terço médio da paisagem apresentando relevo regional suave ondulado a ondulado (entre 3 e 20%) e relevo local suave ondulado (entre 8 e 20%)



Figura 32. Figura de localização do ponto SJE-009. Modificado de SDS (2010).

5.1.3.2.1 Geologia

A rocha encontra-se como um derrame vesicular e amigdaloidal, que devido ao intemperismo em algumas porções do afloramento está fragmentado em blocos. Sobre a rocha está um solo de coloração avermelhada, textura argilosa, contendo diversos fragmentos de rocha e geodos ao longo do perfil. O solo está recoberto por uma plantação de maçã circundada por pinheiros (Fig. 33A). A rocha apresenta coloração avermelhada, textura amígdalóide com amígdalas de até 0,5 cm e textura afanítica (Fig. 33B).

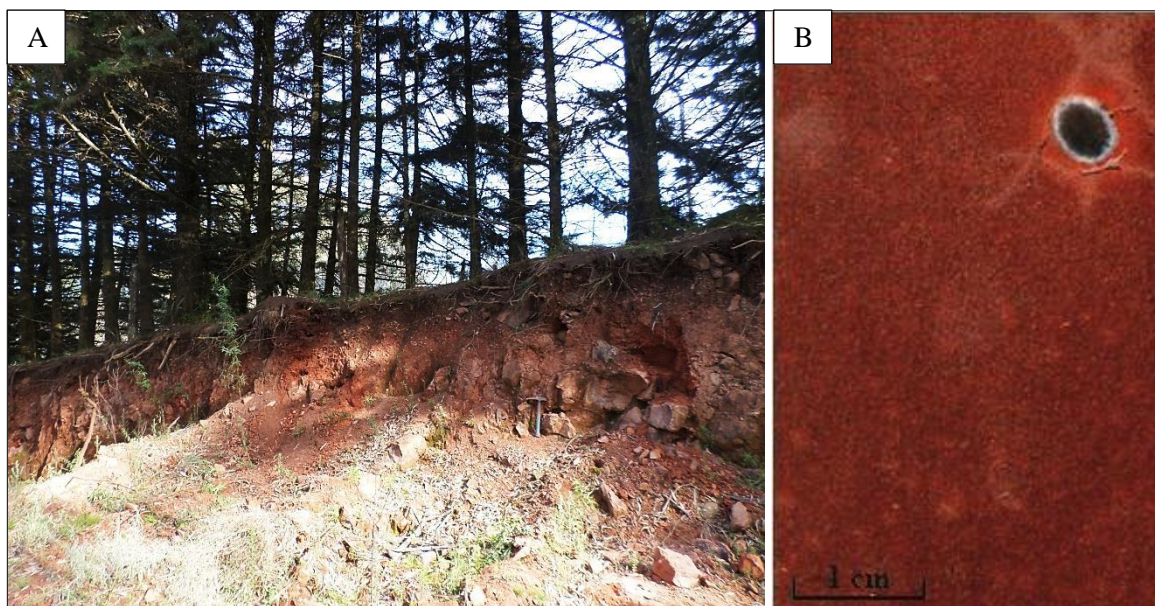


Figura 33. SJE-009. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível notar a coloração avermelhada do solo e sua estrutura em blocos; (B) Fotografia da amostra coletada, que foi serrada em laboratório, onde se pode observar a sua coloração avermelhada e a presença de uma amígdala de até 0,7 cm.

Em lâmina delgada a amostra apresenta textura hipovítrea, sua mineralogia é composta por cristais prismáticos subédricos e ripiformes de plagioclásio, que em alguns casos apresentam-se com terminação em rabo de andorinha e *in box*, em meio a uma matriz desvitrificada (Fig. 38A e B).

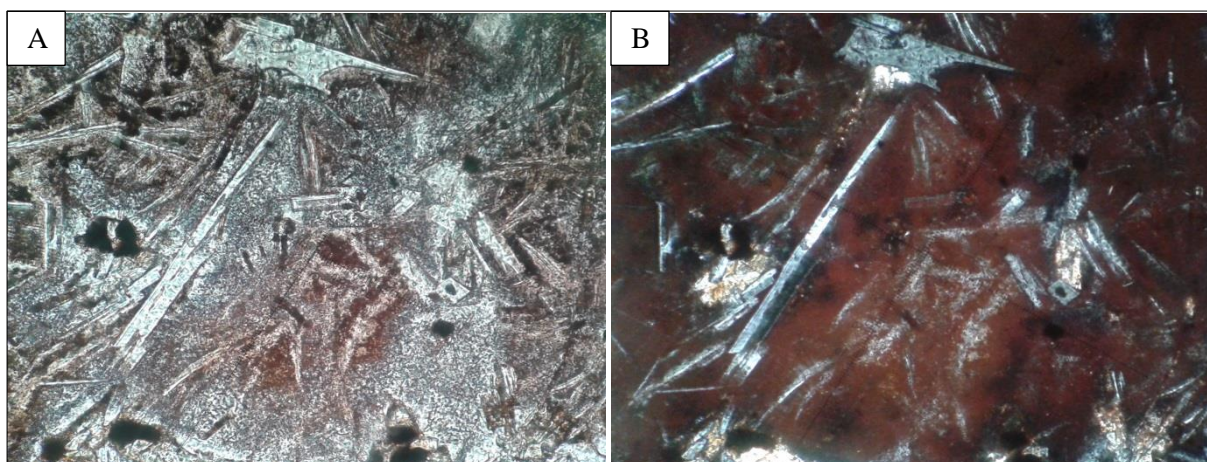


Figura 34. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-009. (A) Textura hipovítrea típica da rocha com cristais ripiformes de plagioclásio com terminações em rabo de andorinha em matriz vítrea com feições de devitrificação (10X – LN); (B) Matriz devitrificada ressaltada e cristais ripiformes de plagioclásio (10X – LP).

5.1.3.2.2 Pedologia

O solo do ponto SJE-009 é pouco profundo (contato lítico em 82 cm) e possui textura argilosa. Este perfil de solo foi dividido em seis horizontes (O, A1, A2, AB, B e BC) (Fig. 35B), sua coloração varia de bruno muito escuro (7,5YR 2,5/3) a vermelho-amarelado (5YR 4/6), apresenta estrutura moderada a forte, granular muito pequena e em blocos subangulares muito pequena a média,

consistência de solta a muito dura (quando seco), solta a firme (quando úmido), ligeiramente plástica a plástica e pegajosa (quando molhado) (Tabela 16).

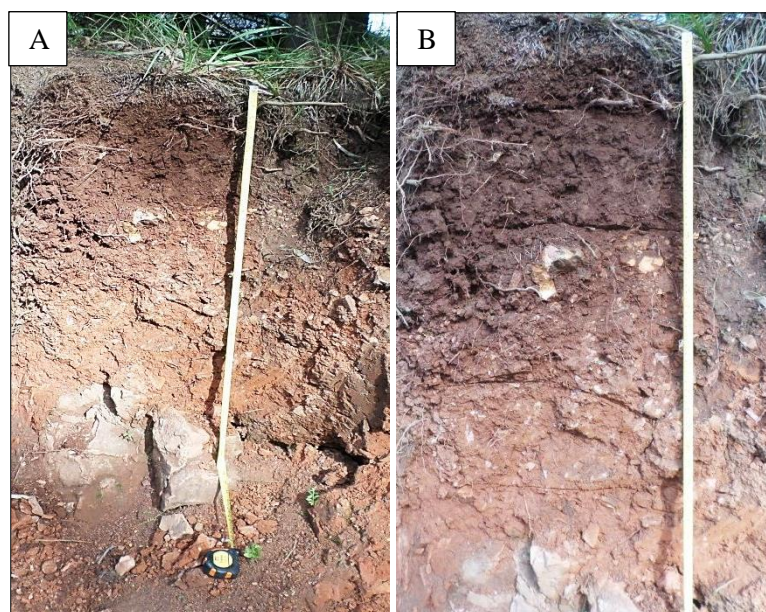


Figura 35. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte, onde é possível notar o contato lítico; e (B) Perfil de solo com os horizontes definidos.

Tabela 16. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-009.

Horizontes SJE-009	Prof. (cm)	Cor seca (Munsell)	Cor úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência
O	5-0 cm	7,5YR 3/4	7,5YR 2,5/3	G Mp Mo	S a M; S a Mfr; Lpla e Peg
A1	0 - 9 cm	7,5YR 3/3	7,5YR 2,5/3	G Mp e B Mp a P Mo	Ldu; Fr a Fi; Lpla e Peg
A2	9 - 24 cm	7,5YR 3/3	7,5YR 3/2	G Mp e Bsub Mp a Md Mo a Fo	Du; Fr a Fi; Lpla e Peg
AB	24 - 47	5YR 4/4	5YR 3/4	G Mp e B Mp a Md Mo	Du a Mdu; Mfr a Fr; Pla e Peg
B	47 - 62 cm	-----	5YR 4/6	Bsub Mp a Md Fo	Ldu a Du; Mfr a Fr; Pla e Peg
BC	62 - 82 cm	-----	5YR 4/6	Bsub Mp a Md Mo	Ld a Du; Mfr; Pla e Peg
R	> 82 cm ⁺				

Legenda: Estrutura: Quanto ao grau: F –Fraca, Mo –moderada, Fo – Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P – pequena, Md – media, Gd –grande, Mg - muito grande; Quanto à forma : Pp - prismática, Bang – blocos angulares, Bsub – blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seca : S – solta, M – macia, Ldu – ligeiramente duro, Du – duro, Mdu – muito duro, Edu – extremamente duro; Úmido: S – solta, Mfr – muito friável, Fr –friável, Fi – firme, Mfi – muito firme, Efi – extremamente firme; Molhado: Npla - não plástica, Pla – plástica, Lpla – ligeiramente plástica, Mpla – muito plástica, Npeg – não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg – pegajosa, Mpeg – muito pegajosa.

O pH varia de 4,09 a 4,97 (pH em água) e 4,49 a 6,07 (pH SMP). Os valores de H + Al variam de 4,02 a 24,84 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de Al varia de 0,38 a 8,13 cmol_c kg⁻¹; de Ca varia de 0 a 15,47 cmol_c kg⁻¹; de Mg varia de 0,20 a 6,45 cmol_c kg⁻¹; de P varia de 0,14 a 12,35 mg kg⁻¹; de K varia de 2 a 348,57 mg kg⁻¹. A SB varia de 0,21 a 22,81 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de C-org varia de 11,68 a 133,62 g kg⁻¹ e de MO de 20,13 a 230,37 g kg⁻¹. A CTC_{pH 7,0} varia de 19,61 a 26,83 cmol_c kg⁻¹; a CTC_{efetiva} varia de 6,93 a 23,18 cmol_c kg⁻¹; e a CTC_{argila} varia de 34 a 54 cmol_c kg⁻¹. A saturação por

bases (V%) varia de 1,07 a 85 %; e a saturação por alumínio (m%) varia de 1,62 a 96,99 % (Tabela 17).

Tabela 17. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-009.

Horizontes	pH	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
SJE-009	água	SMP	cmol _c kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		
O	4,97	6,07	4,02	0,38	15,47	6,45	12,35	348,57
A1	4,09	4,72	19,07	6,95	0,00	0,99	1,35	48,01
A2	4,31	4,49	24,84	6,88	0,00	0,38	0,53	16,50
AB	4,36	4,56	22,79	8,13	0,00	0,26	0,37	8,00
B	4,46	4,70	19,40	6,73	0,00	0,20	1,21	3,50
BC	4,54	4,69	19,74	6,90	0,00	0,21	0,14	2,00
Horizontes	SB	CTC _{pH7,0}	CTC _{efetiva}	CTC _{argila}	V%	m%	C-org	MO
SJE-009	g kg ⁻¹							
O	22,81	26,83	23,18	54	85,00	1,62	133,62	230,37
A1	1,11	20,18	8,06	34	5,51	86,20	74,01	127,59
A2	0,42	25,26	7,30	41	1,67	94,21	49,26	84,92
AB	0,28	23,07	8,41	39	1,22	96,66	26,27	45,29
B	0,21	19,61	6,93	38	1,07	96,99	13,81	23,82
BC	0,22	19,95	7,12	48	1,08	96,98	11,68	20,13

O conteúdo de areia varia de 102 a 149 g kg⁻¹; de silte varia de 269 a 449 g kg⁻¹; e de argila varia de 416 a 613 g kg⁻¹. Esse solo apresenta textura argila nos horizontes A1, A2, AB e B; textura argilossiltosa no horizonte BC; e textura muito argilosa no horizonte A3 (Tabela 18).

Tabela 18. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-009.

Horizontes	Areia	Silte	Argila	Relação	Classe Textural
SJE-009	g kg ⁻¹			Silte/Argila	
O	149	356	495	0,72	Argila
A2	102	296	602	0,49	Argila
A3	118	269	613	0,44	Muito argilosa
AB	118	284	598	0,47	Argila
B	122	364	514	0,71	Argila
BC	135	449	416	1,08	Argilossiltosa

De acordo com os parâmetros químicos observados na Tabela 17, os valores acima de 80 g kg⁻¹ de C-org no primeiro horizonte caracterizam-no como um horizonte orgânico (O). E estes altos teores de MO estão relacionados aos maiores teores de Ca, Mg, P e K, assim como os menores teores de Al neste horizonte. Nos horizontes A e B, os menores valores de bases trocáveis (SB) e saturação por bases (V%), e altos teores de Al, saturação por Al (m%) e atividade da fração argila refletem em condições de maior grau intemperismo químico, caracterizando solos Distróficos (V% < 50%), porém com argila do tipo 2:1 (CTC_{argila} > 27 cmol_c kg⁻¹), conforme dados constantes na Tabela 17.

Em relação à classificação dos horizontes diagnósticos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), o horizonte A é profundo (> 25 cm) e conforme as características morfológicas e químicas foi classificado como A proeminente, por não atender o requisito do somatório de C-org maior que a média ponderada da fração argila para caracterizá-lo como horizonte A húmico. Já o horizonte B foi classificado como B incipiente, devido a pouca espessura do horizonte (15 cm) e também a presença de fragmentos de rochas neste horizonte, somado

a CTC da fração argila $> 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Este perfil apresenta caráter alítico (CTC argila $\geq 20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $\text{Al}^{+3} \geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e contato lítico. Dessa forma, este solo foi classificado como Cambissolo Háplico Alítico léptico.

As principais limitações para o uso agrícola deste solo são a baixa fertilidade natural, devido ao caráter Distrófico e aos altos teores de Al; impedimentos à mecanização, devido à presença de pedregosidade ao longo do perfil. Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1978), seu uso mais indicado seria para pastagem e, ou, fruticultura de clima temperado.

5.1.4 Unidade riolítica

Foram amostrados dois pontos nesta unidade (SJE-003 e SJE-006) (Fig. 15). Na unidade riolítica os solos são geralmente rasos ($\sim 50 \text{ cm}$) e a rocha encontra-se como derrames com geometria tabular.

5.1.4.1 SJE-003

O ponto SJE-003 (UTM: 581890/6866930, altitude: 1160 m) está localizado em corte de estrada secundária (sem denominação) sentido W, a cerca de 26 km do centro de São Joaquim (Fig. 36). O afloramento apresenta baixo grau de intemperismo, encontra-se no terço médio da paisagem apresentando relevo regional ondulado a forte ondulado (entre 8 a 45%) e relevo local ondulado a forte ondulado (entre 8 e 45%).



Figura 36. Figura de localização do ponto SJE-009. Modificado de SDS (2010).

5.1.4.1.1 Geologia

A rocha encontra-se como um derrame tabular maciço com disjunções em lajes subhorizontalizadas de até 7 cm (em média de 3 a 5 cm) com uma fina camada de alteração de coloração cinza amarronzada e em alguns locais com musgo de coloração esbranquiçada. Sobre a rocha está um solo pouco profundo de coloração amarelada, recoberto por pastagem, alguns arbustos e araucárias (Fig. 37A). A rocha apresenta coloração amarronzada, estrutura maciça e textura afanítica (Fig. 37B).

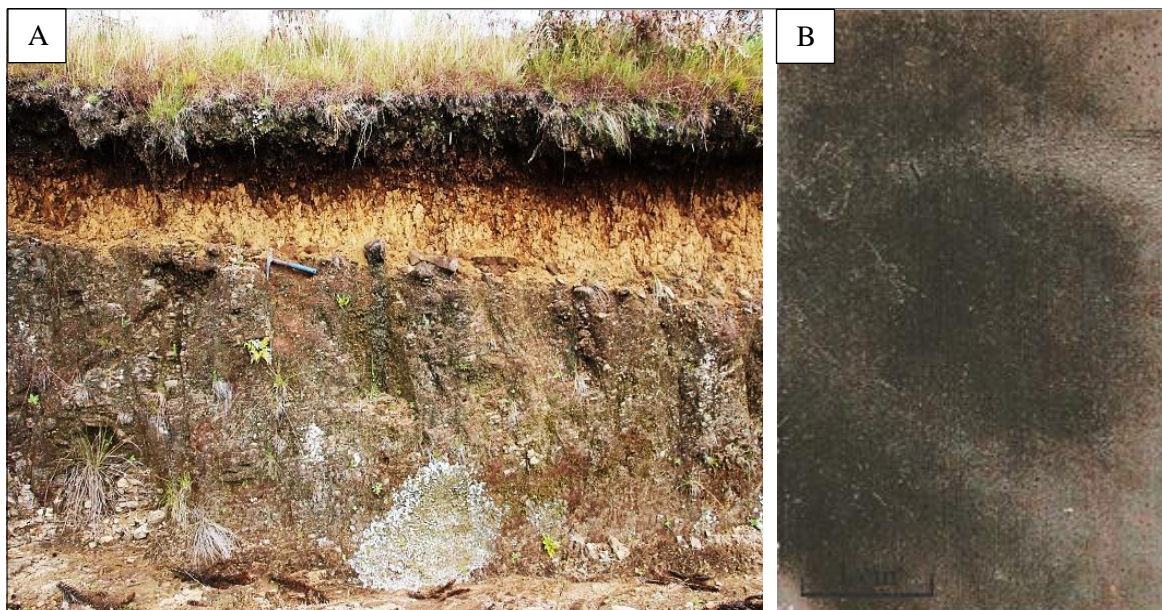


Figura 37. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível observar a estrutura tabular do derrame e o solo pouco espesso; (B) Fotografia da amostra coletada onde se pode observar a sua coloração marrom escuro e a textura afanítica.

Em lâmina delgada a amostra apresenta textura hipocristalina, sua mineralogia é composta por cristais prismáticos de ortopiroxênio e clinopiroxênio em meio a uma matriz com intercrescimento de quartzo e feldspato, e alguns minerais opacos (Fig. 38A e B).

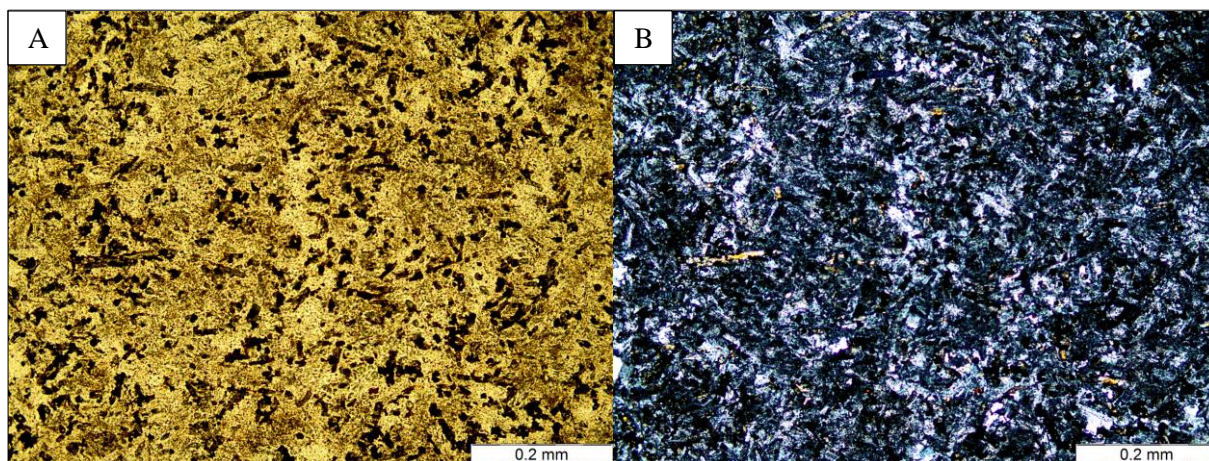


Figura 38. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-003 (A): Textura intergranular típica da rocha com cristais plagioclásio ripiformes e cristais cúbicos de minerais opacos (10X – LN); (B) Crsitaís ripiformes de plagioclásio em aglomerados e pequenos e esparsos cristais de piroxênio (10X – LP).

5.1.4.1.2 Pedologia

O solo do ponto SJE-003 é pouco profundo (contato lítico aos 73 cm) e apresenta textura argilosa. Este perfil de solo foi dividido em seis horizontes (A1, A2, A3, AB, B1 e B2) (Fig. 39B), sua coloração varia de bruno muito escuro (10YR 2/2) a bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6), apresenta estrutura moderada a forte, granular muito pequena a média e em blocos angulares a subangulares muito pequena a grande, consistência de ligeiramente dura a muito dura (quando seco), muito friável a muito firme (quando úmido), ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa (quando molhado) (Tabela 19).

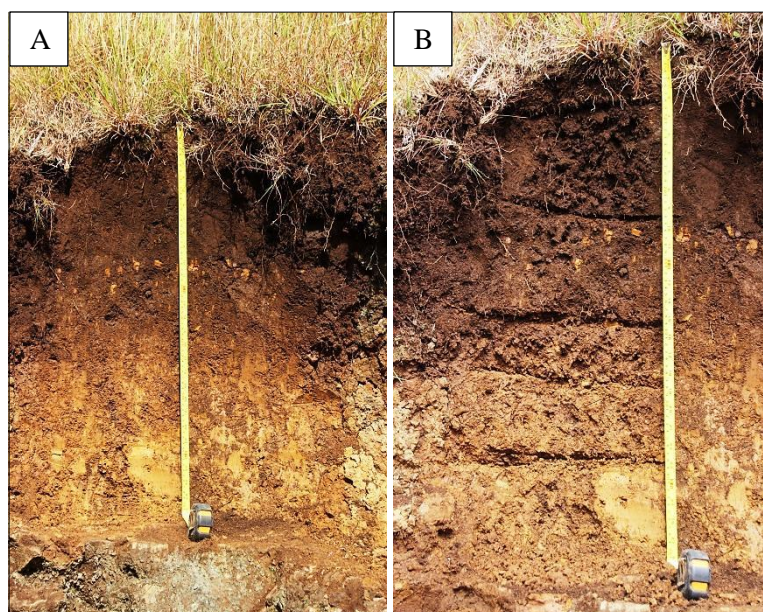


Figura 39. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (C) Perfil do solo com os horizontes definidos.

Tabela 19. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-003.

Horizontes SJE-003	Prof. (cm)	Cor seca (Munsell)	Cor úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência
A1	0 - 8 cm	10YR 3/2	10YR 2/2	G Mp a Md Mo	Ldu; Mfr; Lpla e Lpeg
A2	8 - 24 cm	10YR 3/2	10YR 2/2	Bsub Mp a Md Mo	Ldu a Du; Fr; Pla e Lpeg
A3	24 - 38 cm	10YR 4/2	10YR 3/3	Bsub Mp a Md Mo a Fo	Du a Mdu; Fr; Lpla a Pla e Lpeg
AB	38 - 47 cm	10YR 4/4	10YR 3/4	Bsub Mp a Gd Mo a Fo	Du; Fr; Pla e Lpeg
BA	47 - 58 cm	-----	10YR 4/4	Bang Mp a Gd Fo	Du; Fr a Fi; Lpla a Pla e Lpeg
B	58 - 73 cm	-----	10YR 4/6	Bang Mp a Gd Fo	Du a Mdu; Mfi; Lpla e Lpeg
R	> 73 cm ⁺				

Legenda: Estrutura: Quanto ao grau: F –Fraca, Mo –moderada, Fo – Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P – pequena, Md – média, Gd –grande, Mg - muito grande; Quanto à forma : Pp - prismática, Bang – blocos angulares, Bsub – blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seco : S – solto, M – macio, Ldu – ligeiramente duro, Du – duro, Mdu – muito duro, Edu – extremamente duro; Úmido: S – solto, Mfr – muito friável, Fr –friável, Fi – fi rme, Mfi – muito fi rme, Efi – extremamente fi rme; Molhado: Npla - não plástica, Pla – plástica, Lpla - ligeiramente.plástica, Mpla – muito plástica,

Npeg - não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg – pegajosa, Mpeg – muito pegajosa;

O pH varia de 4,50 a 4,74 (pH em água) e 4,05 a 4,39 (pH SMP). Os valores de H + Al variam de 27,70 a 40,93 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. O conteúdo de Al varia de 6,43 a 8,10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; de Ca são de 0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; de Mg varia de 0,22 a 0,48 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; de P varia de 0 a 0,36 mg kg^{-1} ; de K varia de 4 a 52,01 mg kg^{-1} . A SB varia de 0,24 a 0,61 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. O conteúdo de C-org varia de 11,33 a 47,47 g kg^{-1} e de MO de 19,54 a 81,83 g kg^{-1} . A $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ varia de 27,97 a 41,19 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; a $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$ varia de 6,77 a 8,36 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; e a $\text{CTC}_{\text{argila}}$ varia de 48 a 73 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. A saturação por bases (V%) varia de 0,63 a 1,81 %; e a saturação por alumínio (m%) varia de 91,87 a 96,94 % (Tabela 20).

Tabela 20. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-003.

Horizontes SJE-003	pH água	pH SMP	H + Al			Ca	Mg	P	K
			----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----						
A1	4,50	4,23	33,28	6,93	0,00	0,48	0,36	52,01	
A2	4,55	4,25	32,53	6,43	0,00	0,32	0,12	11,00	
A3	4,68	4,39	27,70	6,90	0,00	0,25	0,01	7,00	
AB	4,61	4,19	35,05	7,45	0,00	0,22	0,00	6,00	
BA	4,72	4,34	29,34	7,10	0,00	0,24	0,01	4,00	
B	4,74	4,05	40,93	8,10	0,00	0,25	0,03	4,50	
Horizontes SJE-003	SB	$\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$	$\text{CTC}_{\text{efetiva}}$	$\text{CTC}_{\text{argila}}$	V%	m%	C-org	MO	
									----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----
A1	0,61	33,90	7,54	63	1,81	91,87	47,47	81,83	
A2	0,35	32,88	6,77	58	1,06	94,86	36,79	63,43	
A3	0,27	27,97	7,17	48	0,96	96,26	24,18	41,69	
AB	0,24	35,29	7,69	60	0,67	96,94	16,96	29,24	
BA	0,25	29,59	7,35	53	0,85	96,60	11,70	20,17	
B	0,26	41,19	8,36	73	0,63	96,87	11,33	19,54	

O conteúdo de areia varia de 98 a 133 g kg^{-1} ; de silte varia de 313 a 335 g kg^{-1} ; e de argila varia de 535 a 589 g kg^{-1} . Esse solo pertence à classe textural argila (Tabela 21).

Tabela 21. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-003.

Horizontes SJE-003	Areia	Silte	Argila	Relação Silte/Argila	Classe Textural
A1	133	331	535	0,62	Argila
A2	102	329	569	0,58	Argila
A3	100	315	585	0,54	Argila
AB	98	313	589	0,53	Argila
BA	111	335	555	0,60	Argila
B	111	327	563	0,58	Argila

De acordo com os parâmetros químicos observados na Tabela 20, os baixos valores de bases trocáveis em todos os horizontes, assim como altos teores de Al, são decorrentes do material de origem, que neste caso é um riolito. A alta saturação por Al (m%) e atividade da fração argila refletem o caráter alítico deste solo, caracterizando solos Distróficos ($V\% < 50\%$) e com argila do tipo 2:1 ($\text{CTC}_{\text{argila}} > 27 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$), conforme dados constante na Tabela 20.

Em relação à classificação dos horizontes diagnósticos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), o horizonte A é profundo ($> 25 \text{ cm}$) e conforme as

características morfológicas e químicas foi classificado como A húmico. Já o horizonte B apresenta-se pouco espesso (26 cm), com argila de alta atividade e está sobre um contato litico. Assim, foi classificado como B incipiente, e o solo como Cambissolo Húmico Alítico léptico.

As principais limitações para o uso agrícola deste solo são a baixa fertilidade natural, devido ao caráter Distrófico e aos altos teores de Al; impedimentos à mecanização e à susceptibilidade à erosão devido, devido ao acidentado e também a expressiva presença de pedregosidade ao longo do perfil. Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1978), seu uso mais indicado seria para pastagem e, ou, fruticultura de clima temperado.

5.1.4.2 SJE-006

O ponto SJE-006 (UTM: 565353/6857712; altitude: 1105 m) está localizado em corte de estrada de chão secundária (sem denominação, próximo à localidade de São João do Pelotas) sentido S-SE, a cerca de 50 km do centro de São Joaquim (Fig. 40). O afloramento apresenta moderado grau de intemperismo, encontra-se no terço médio da paisagem apresentando relevo regional suave ondulado a forte ondulado (de 3 a 45%) e relevo local ondulado a forte ondulado (entre 8 e 45%).

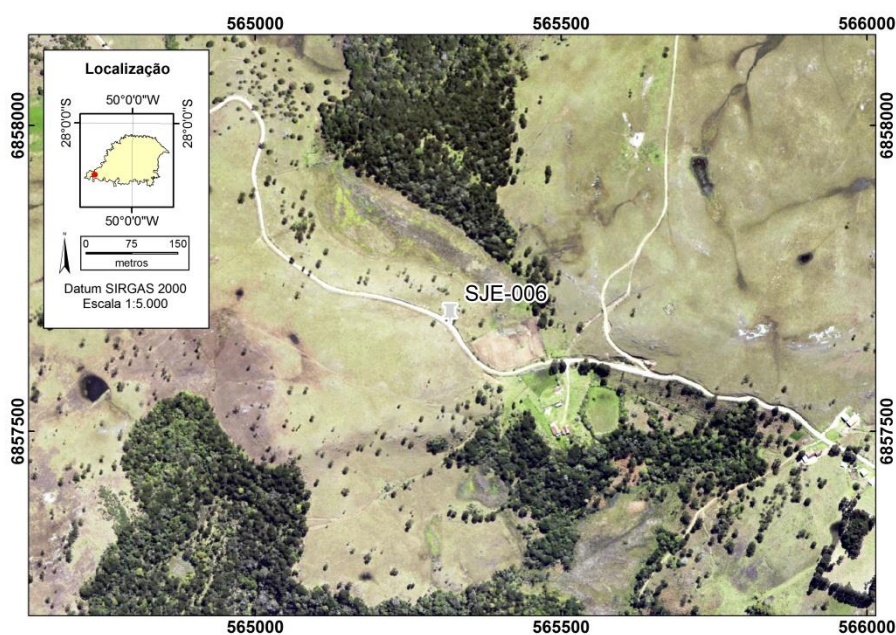


Figura 40. Figura de localização do ponto SJE-006. Modificado de SDS (2010).

5.1.4.2.1 Geologia

A rocha encontra-se como um derrame tabular com geometria ondulada e disjunções em lajes de 10 a 30 cm (em média 15 cm), apresentando uma camada fina de alteração de coloração esbraquiçada, algumas zonas de alteração entre as lajes e esfoliação esferoidal em alguns locais. A rocha está sob um solo pouco profundo de coloração marrom escuro, recoberto por pastagem e

algumas araucárias (Fig. 41A). A amostra coletada apresenta coloração marrom, textura sal e pimenta e afanítica (Fig. 41B).

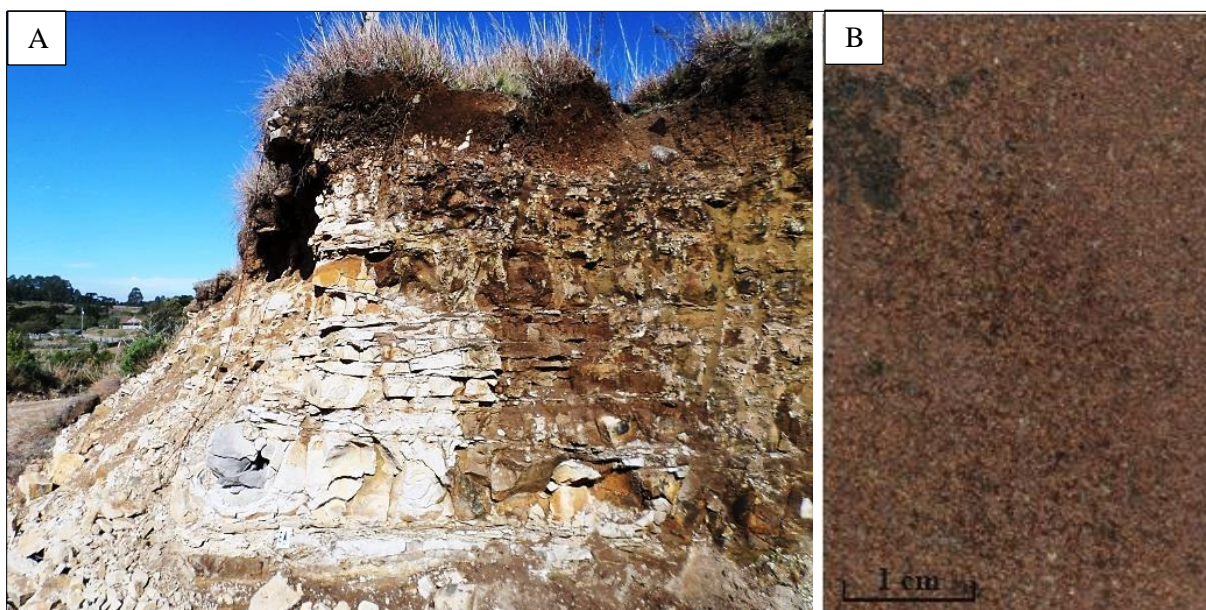


Figura 41. (A) Visão geral do afloramento, onde é possível observar a sua estrutura lobada do derrame; (B) Fotografia da amostra coletada, onde pode-se observar a sua coloração marrom e a textura sal e pimenta.

Em lâmina delgada (Fig. 42A e B), a amostra apresenta textura glomerofírica em alguns locais, sua mineralogia é composta por cristais de prismáticos euédricos de sanidina (tamanho médio de 0,1 mm e máximo de 0,6 mm), cristais prismáticos a equidimensionais de clinopiroxênio, (tamanho médio de 0,1 mm e máximo de 0,25 mm), cristais anédricos de quartzo (de até 0,25 mm), alguns cristais prismáticos subédricos de plagioclásio (tamanho médio de 0,15 mm) e cristais opacos (de até 0,15 mm) perfazendo 2 % da rocha. A matriz encontra-se alterada e se assemelha a vidro desvitrificado.

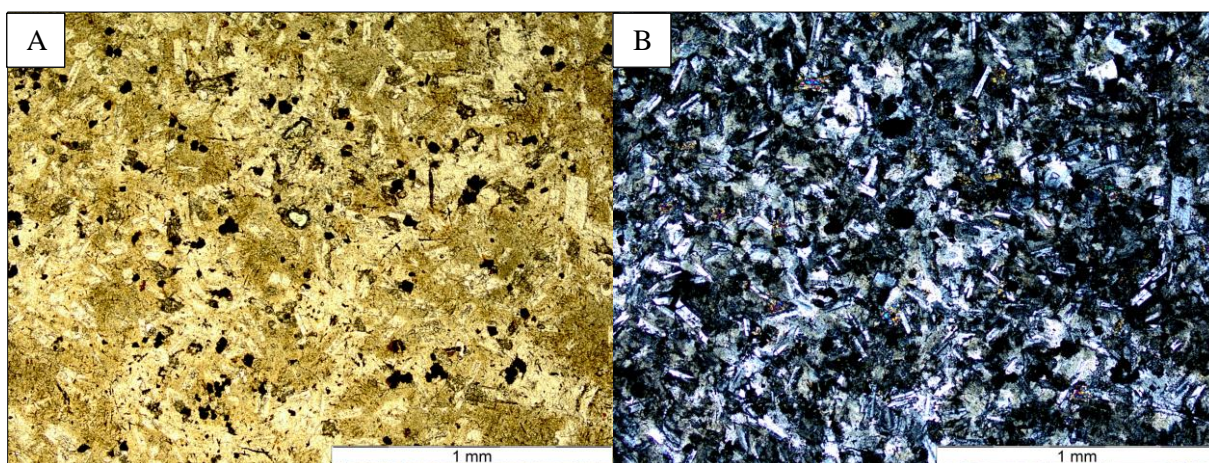


Figura 42. Fotomicrografia das amostras coletadas no ponto SJE-006 (A): Textura granular típica da rocha com primas de plagioclásio e cristais cúbicos de minerais opacos. A luz natural porções da matriz desvitrificada são evidenciados (2X – LN); (B) Crsitais euédricos tabulares de plagioclásio com feições de entelhamento e pequenos cristais de piroxênio dispersos na rocha (2X – LP).

5.1.4.2.2 Pedologia

O solo do ponto SJE-006 também é raso (contato lítico aos 37 cm de profundidade) e apresenta textura argilosa. Este perfil de solo foi dividido em quatro horizontes (A1, A2, A3 e Cr) (Fig. 43), sua coloração varia de bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2) a bruno (7,5YR 4/2), estrutura moderada, granular muito pequena e em blocos angulares muito pequena a pequena, consistência de macia a ligeiramente (quando seco), muito friável a friável (quando úmido), ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa (quando molhado) (Tabela 22).

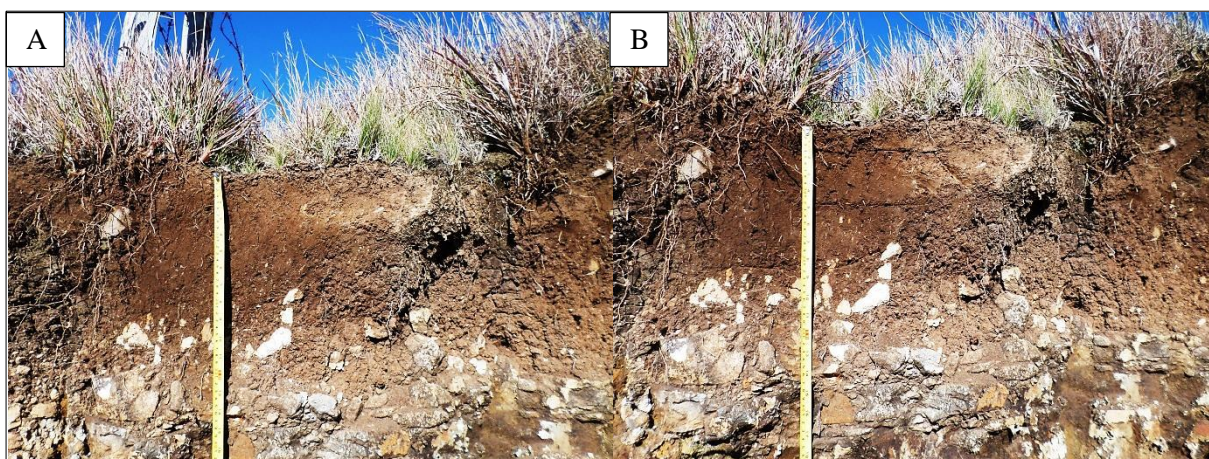


Figura 43. (A) Perfil de solo com aprofundamento em corte; e (B) Perfil do solo com os horizontes definidos. Observa-se um ligeiro escurecimento nos horizontes A2 e A3 em relação ao horizonte A1.

Tabela 22. Caracterização morfológica dos horizontes do ponto SJE-006.

Horizontes SJE-006	Prof. (cm)	Cor seca (Munsell)	Cor úmida (Munsell)	Estrutura	Consistência
A1	0 - 5 cm	7,5YR 4/2	7,5YR 3/2	G Mp e Bang Mp a P Mo	M a Ldu; Mfr a Fr; Lpla e Peg
A2	5 - 12 cm	7,5YR 3/2	7,5YR 2,5/2	G Mp e Bang Mp a P Mo	M a Ldu; Mfr a Fr; Lpla e Lpeg
A3	12 - 21 cm	7,5YR 3/3	7,5YR 2,5/3	G Mp e Bang Mp a P Mo	M a Ldu; Mfr; Lpla e Peg
Cr	21 - 37 cm	-----	7,5YR 3/3	G Mp e Bang Mp a P Mo	M a Ldu; Mfr; Lpla e Lpeg a Peg
R	> 37 cm [†]				

Legenda: Estrutura: Quanto ao grau: F –Fraca, Mo –moderada, Fo – Forte; Quanto ao tamanho: Mp - muito pequena, P – pequena, Md – media, Gd –grande, Mg - muito grande; Quanto à forma : Pp - prismática, Bang – blocos angulares, Bsub – blocos subangulares, G - granular; Consistência: Seco : S – solto, M – macio, Ldu – ligeiramente duro, Du – duro, Mdu – muito duro, Edu – extremamente duro; Úmido: S – solto, Mfr – muito friável, Fr –friável, Fi – fi rme, Mfi – muito fi rme, Efi – extremamente fi rme; Molhado: Npla - não plástica, Pla – plástica, Lpla - ligeiramente.plástica, Mpla – muito plástica, Npeg - não pegajosa, Lpeg - ligeiramente pegajosa, Peg – pegajosa, Mpeg – muito pegajosa;

O pH varia de 4,37 a 5 (pH em água) e 4,76 a 5,06 (pH SMP). Os valores de H + Al variam de 9,15 a 18,22 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de Al varia de 5,23 a 5,93 cmol_c kg⁻¹; de Ca são de 0 cmol_c kg⁻¹; de magnésio Mg varia de 0,18 a 0,73 cmol_c kg⁻¹; de P varia de 0,08 a 0,41 mg kg⁻¹; de K varia de 4 a 12,50 mg kg⁻¹. A SB varia de 0,19 a 0,76 cmol_c kg⁻¹. O conteúdo de C-org varia de 20,19 a 43,01 g kg⁻¹ e de MO de 34,80 a 74,14 g kg⁻¹. A CTC_{pH 7,0} varia de 9,34 a 18,98 cmol_c kg⁻¹; a CTC_{efetiva} varia de

5,52 a 6,12 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; e a $\text{CTC}_{\text{argila}}$ varia de 17 a 41 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. A saturação por bases (V%) varia de 2,04 a 4,02 %; e a saturação por alumínio (m%) varia de 87,27 a 96,89 % (Tabela 23).

Tabela 23. Caracterização química dos horizontes do ponto SJE-006.

Horizontes SJE-006	pH água	pH SMP	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
			----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----			----- mg kg^{-1} -----		
A1	4,37	4,76	18,22	5,23	0,00	0,73	0,41	12,50
A2	4,83	5,06	12,91	5,68	0,00	0,28	0,21	6,00
A3	5,00	5,34	9,36	5,30	0,00	0,21	0,08	4,00
Cr	4,99	5,36	9,15	5,93	0,00	0,18	0,14	4,00
Horizontes SJE-006	SB	$\text{CTC}_{\text{pH}7.0}$	$\text{CTC}_{\text{efetiva}}$	$\text{CTC}_{\text{argila}}$	V%	m%	C-org	MO
		----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----			----- g.kg^{-1} -----			
A1	0,76	18,98	5,99	41	4,02	87,27	43,01	74,14
A2	0,30	13,20	5,97	24	2,24	95,05	33,06	56,99
A3	0,22	9,58	5,52	17	2,30	96,01	29,44	50,75
Cr	0,19	9,34	6,12	18	2,04	96,89	20,19	34,80

O conteúdo de areia varia de 152 a 219 g kg^{-1} ; de silte varia de 256 a 317 g kg^{-1} ; e de argila varia de 464 a 579 g kg^{-1} . Esse solo pertence à classe textural argila (Tabela 24).

Tabela 24. Caracterização textural dos horizontes do ponto SJE-006.

Horizontes SJE-003	Areia	Silte	Argila	Relação Silte/Argila	Classe Textural
		----- g kg^{-1} -----			
A1	219	317	464	0,68	Argila
A2	193	256	552	0,46	Argila
A3	152	269	579	0,46	Argila
Cr	203	265	532	0,50	Argila

Em relação à classificação dos horizontes diagnósticos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013a), o horizonte A, conforme as características morfológicas e químicas foi classificado como A proeminente, por não atender o requisito do somatório de C-org maior que a média ponderada da fração argila para caracterizá-lo como A húmico. Já em relação ao horizonte subsuperficial, não se tem um horizonte B diagnóstico e o horizonte A está sobre um contato lítico fragmentário. Portanto, este solo foi classificado como Neossolo Litólico Distroúmbrico fragmentário.

As principais limitações para o uso agrícola deste solo são a baixa fertilidade natural, devido ao caráter Distrófico e aos altos teores de Al; impedimentos à mecanização e à susceptibilidade à erosão, devido ao relevo acidentado e também a expressiva presença de pedregosidade e contato lítico já nos primeiros 37 cm de profundidade. Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995), seu uso mais indicado seria para pastagem e, ou, fruticultura de clima temperado.

5.1.5 Geoquímica

Das amostras coletadas no campo, quatro foram enviadas ao laboratório para a realização de análise geoquímica (unidade basáltica: SJE-001A, SJE-001B e SJE-004; unidade riolítica: SJE-003). Os dados geoquímicos da amostra SJ-83 (unidade dacítica, próxima do ponto SJE-002) foi cedida pelo pesquisador da CPRM (Serviço Geológico Brasileiro), Marcell Leonard Besser. Os dados geoquímicos foram organizados em uma tabela Excel (Tabela 25) e processados no software GCDKit 4.1 (*GeoChemical Data ToolKIT*) para confecção dos diagramas geoquímicos.

Primeiramente foram gerados os diagramas de classificação das rochas vulcânicas (TAS (Le Bas et al., 1986) e R1-R2 plot (De la Roche et al., 1980)), para classificação das rochas e confirmação das unidades geológicas (Fig. 44A e B). Segundo esses diagramas, as amostras SJE-001A e SJE-001B (unidade basáltica) foram classificadas como basalto no diagrama TAS (Le Bas et al., 1986) e andesi-basalto no diagrama R1-R2 plot (De la Roche et al., 1980); a amostra SJE-004 foi classificada como andesito basáltico no diagrama TAS (Le Bas et al., 1986) e andesi-basalto no diagrama R1-R2 plot (De la Roche et al., 1980); a amostra SJE-003 foi classificada como dacito no diagrama TAS (Le Bas et al., 1986) e riolito no diagrama R1-R2 plot (De la Roche et al., 1980); e a amostra SJ-83 foi classificada como riolito no diagrama TAS (Le Bas et al., 1986) e riodacito no diagrama R1-R2 plot (De la Roche et al., 1980). Todas as amostras apresentam caráter subalcalino e são de afinidade toleítica (Fig. 44A).

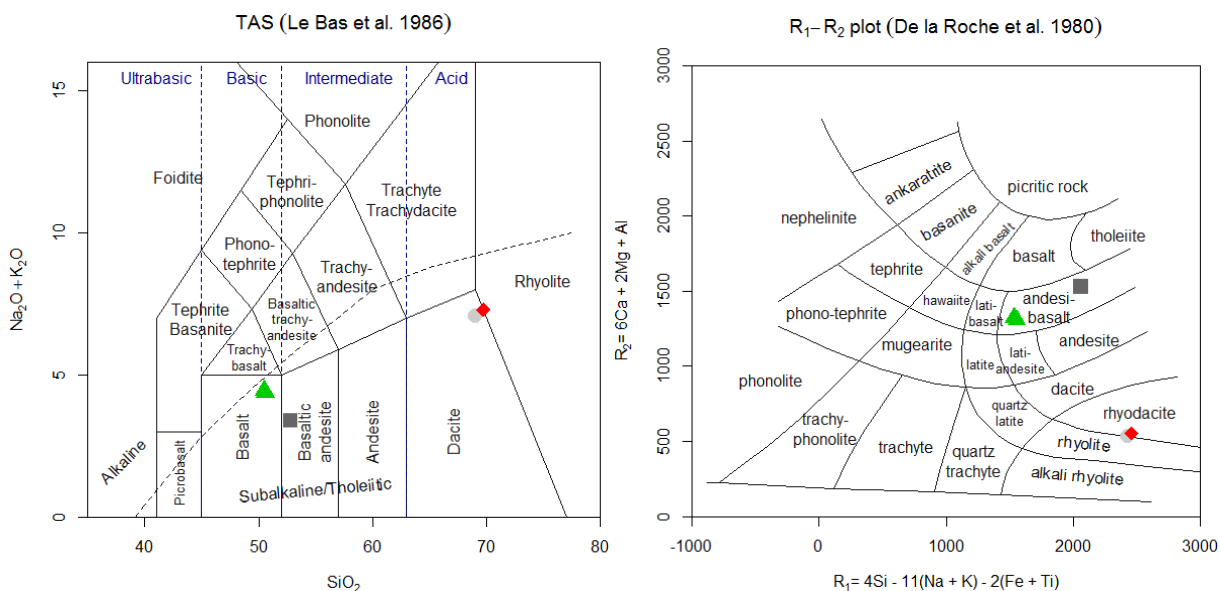


Figura 44. Diagramas geoquímicos de classificação das rochas vulcânicas. Legenda: unidade basáltica: SJE-001A (triângulo verde), SJE-001B (triângulo verde), SJE-004 (quadrado cinza escuro); unidade riolítica: SJE-003 (círculo cinza claro); e unidade dacítica: SJ-83 (diamante vermelho).

As amostras das rochas vulcânicas básicas (SJE-001A, SJE-001B e SJE-004) foram plotadas sobre os diagramas geoquímicos (TiO_2 vs MgO ; e Ti/Zr vs Ti/Y) de Peate (1997; modificado por

POLO, 2010) para divisão dos basaltos em alto e baixo-Ti; e discriminação dos seus magmas tipos (Fig. 45). As amostras SJE-001A ($TiO_2 = 3,64\%$) e SJE-001B ($TiO_2 = 3,61\%$) foram classificadas como basalto de alto-Ti do magma tipo Urubici e a amostra SJE-004 ($TiO_2 = 1,38\%$) foi classificada como basalto de baixo-Ti com composição do tipo Gramado.

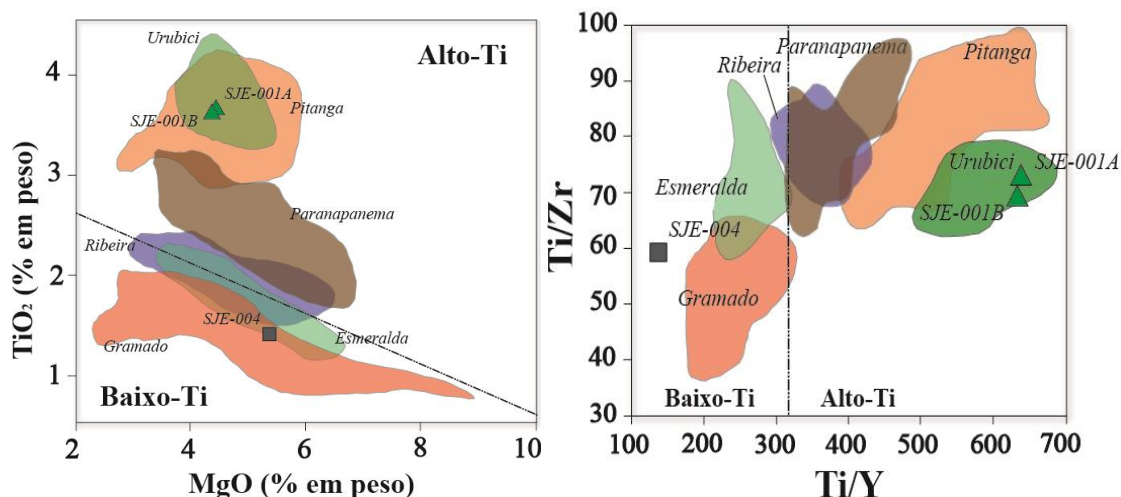


Figura 45. Amostras SJE-001A, SJE-001B e SJE-004 plotadas nos diagramas geoquímicos utilizados para divisão dos basaltos em alto e baixo-Ti; e discriminação dos magmas tipos (PEATE, 1997; modificado por POLO, 2010). Legenda como na figura 44.

As amostras das rochas vulcânicas ácidas (SJE-003 e SJ-83) foram plotadas sobre os diagramas geoquímicos (Rb vs Zr; e P_2O_5 vs TiO_2) de Nardy, Machado e Oliveira (2008; modificado por POLO, 2010) para discriminação das rochas vulcânicas ácidas entre tipo Palmas e tipo Chapecó; e seus respectivos subtipos (Fig. 46). A amostra SJE-003 (Rb = 156 ppm e Zr = 94 ppm) foi classificada como riolito do magma tipo Palmas subtipo Caxias do Sul e a amostra SJ-83 (Rb = 181 ppm e Zr = 114 ppm) foi classificada como dacito do magma tipo Palmas subtipo Caxias do Sul.

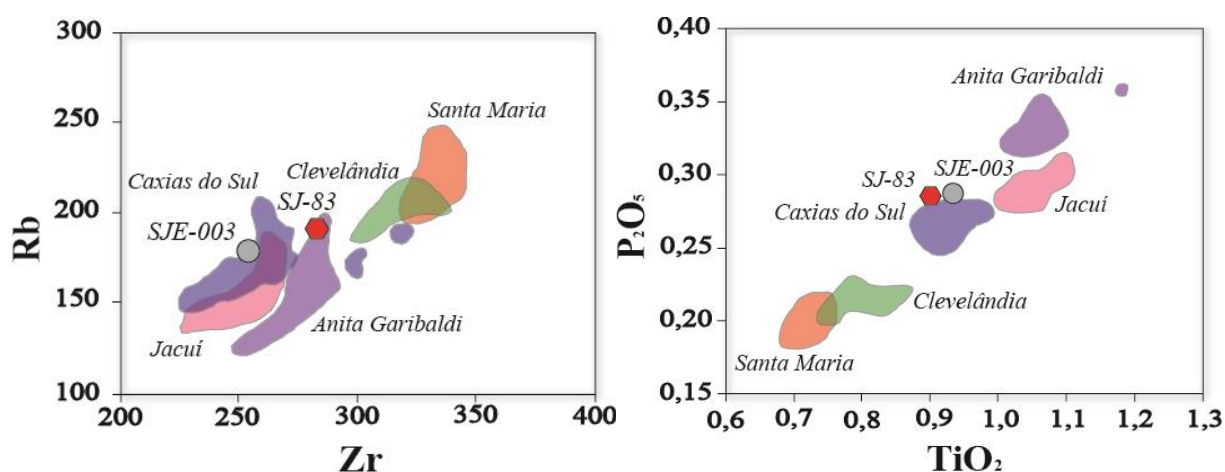


Figura 46. Amostras SJE-003 e SJ-83 plotados nos diagramas geoquímicos utilizados para discriminar magma tipo Palmas em seus subtipos (NARDY, MACHADO e OLIVEIRA, 2008; modificado por POLO, 2010). Legenda como na figura 44.

Para uma análise geoquímica mais criteriosa, onde se possam observar diferenças sistemáticas na química das diferentes unidades e avaliar variações entre as mesmas, as análises de elementos maiores foram plotadas em diagramas binários, utilizando a sílica (SiO_2) como índice de diferenciação (Fig. 47).

No diagrama TiO_2 vs SiO_2 , podemos ver a separação entre as amostras com alto-Ti (SJE-001A: 3,64 %; e SJE-001B: 3,61 %), das amostras com baixo-Ti (SJE-004: 1,38%; SJE-003: 0,92 %; e SJ-83: 0,90 %). Os teores de P_2O_5 seguem o mesmo padrão, sendo superiores nas amostras (SJE-001A: 0,55 %; e SJE-001B: 0,54 %) e inferiores nas amostras (SJE-004: 0,19 %; SJE-003: 0,26 %; e SJ-83: 0,26 %). No diagrama Al_2O_3 vs SiO_2 , podemos observar uma distinção entre a unidade basáltica (~13 %) com teores de Al_2O_3 superiores em relação às unidades dacíticas e riolíticas (~ 12-12.8%). Estas distinções são ainda mais ressaltadas quando avaliados os teores de MgO , CaO e FeO , que são mais elevados nas unidades basálticas; e em K_2O , que é menor nestas unidades. Já no diagrama Na_2O vs SiO_2 , não é possível observar nenhuma separação clara entre as unidades, dada a grande dispersão dos teores de Na_2O .

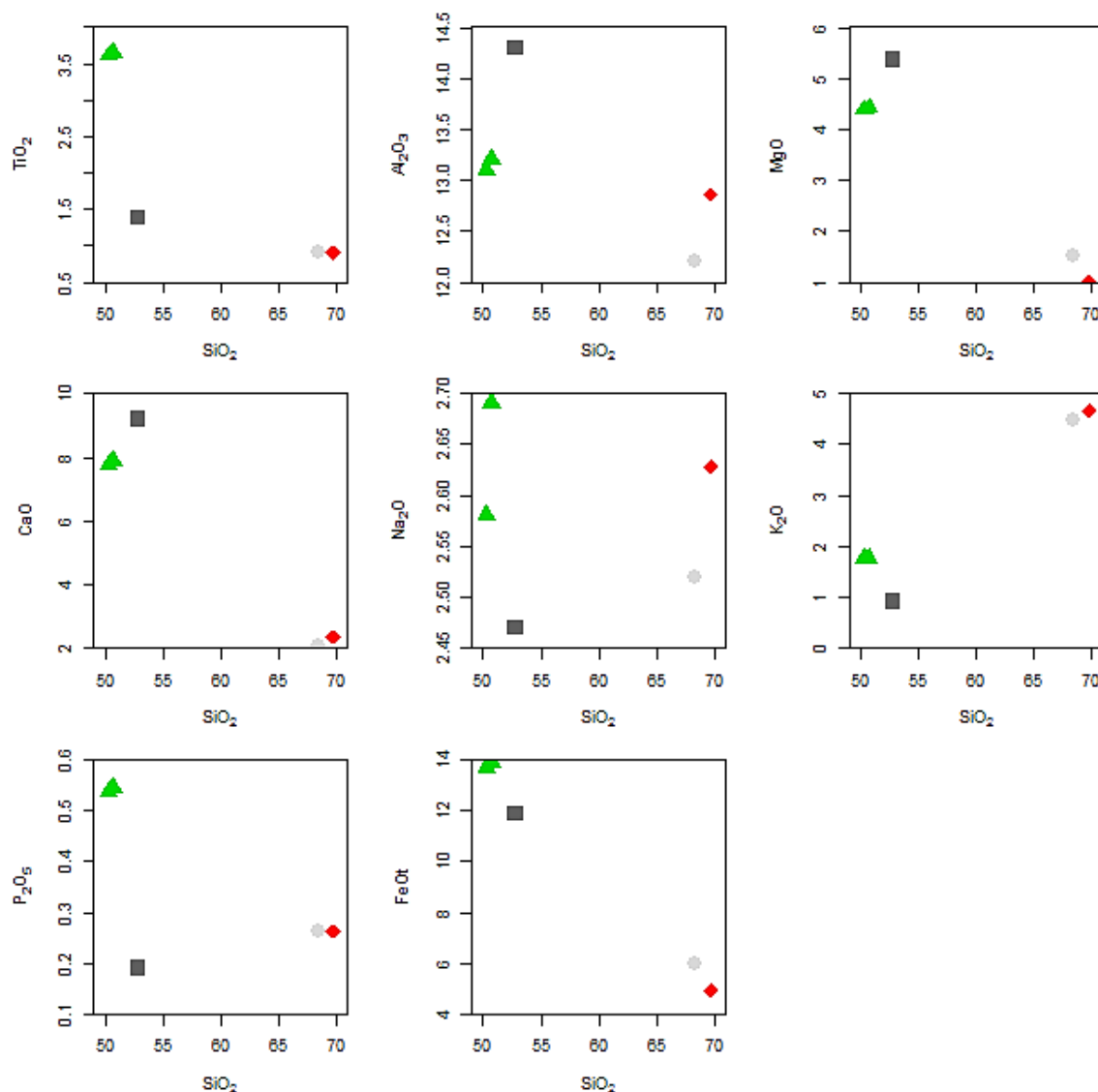


Figura 47. Diagramas binários dos elementos maiores das amostras SJE-001A, SJE-001B, SJE-003, SJE004 e SJ-83, utilizando a sílica (SiO_2) como índice de diferenciação, concentrações em peso%.

Tabela 25. Resultados analíticos para elementos maiores e traço das amostras representativas das unidades geológicas de São Joaquim (a amostra SJ-83 foi cedida por Marcell Leonard Besser, as demais são do autor). Óxidos em peso%; elementos traço em ppm.

Amostra	SJE-001A	SJE-001B	SJE-003	SJE-004	SJ-83
SiO₂	50,70	50,30	68,40	52,80	69,75
TiO₂	3,64	3,61	0,92	1,38	0,90
Al₂O₃	13,20	13,10	12,20	14,30	12,86
Fe₂O₃	15,40	15,20	6,64	13,20	5,51
MnO	0,19	0,19	0,09	0,19	0,05
MgO	4,42	4,38	1,51	5,36	1,02
CaO	7,88	7,78	2,06	9,19	2,34
Na₂O	2,69	2,58	2,52	2,47	2,63
K₂O	1,77	1,75	4,47	0,92	4,67
P₂O₅	0,55	0,54	0,27	0,19	0,26
L.O.I	< 0,01	< 0,01	1,01	0,65	-
Total	99,13	101,8	99,8	100,78	98,54
Ba	521	548	772	519	827
Rb	49	50	156	35	181
Sr	546	569	94	374	114

Tabela 25. Continuação.

Cs	0,81	0,83	6,53	1,06	-
Ga	25	25	18	21	-
Ta	1,67	1,63	1,41	0,58	-
Hf	7,48	7,25	6,22	3,4	-
Nb	27	26	17	9	26
Zr	304	313	255	139	284
Y	34	34	105	61	41
Th	4,8	4,5	11,7	4,2	-
U	1,17	1,11	3,66	1,34	-
Ni	55	57	10	49	7
Co	38	40	12	41	-
Cu	148	148	115	158	50
Zn	122	125	124	115	82
La	45	45	50	33	-
Ce	94	92	97	47	-
Nd	52,6	51,9	61	29,2	-
Sm	10,8	10,6	15,2	6,6	-
Eu	3,13	3,11	2,95	1,99	-
Gd	9,94	10,01	19,21	9,2	-
Dy	7,81	7,87	19,53	8,86	-
Ho	1,42	1,4	3,81	1,87	-
Er	3,86	3,91	11,3	5,57	-
Yb	3,1	3,2	10,7	4,5	-
Lu	0,43	0,43	1,51	0,68	-
Ti	21821	21641	5515	8273	5414
Zr/Y	9	9	2	2	7
Sr/Y	16	17	1	6	3
Ba/Y	15	16	7	8	20
Zr/Nb	11	12	15	15	11
Ti/Y	633	631	53	135	132
Ti/Zr	72	69	22	60	19

5.2 DADOS METEOROLÓGICOS

De acordo com os dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), considerando as médias mensais dos anos de 1961 a 2015 da Estação Meteorológica de São Joaquim, o município apresenta as seguintes características meteorológicas:

(1) Temperatura: temperatura máxima média mensal de 18,97 °C (14,76 °C em junho e 22,93 °C em janeiro), temperatura mínima média mensal de 9,56 °C (5,98 °C em julho e 13,41 °C em fevereiro) e temperatura média anual de 13,42 °C (9,66 °C em julho e 17,12 °C em fevereiro) (Tabela 26).

Tabela 26. Estação Meteorológica de São Joaquim (médias mensais e média anual de 1961 a 2015).

Mês (de 1961 a 2015)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho
Temperatura Compensada Média (°C)	17,01	17,12	15,98	13,51	11,13	9,86
Temperatura Mínima Média (°C)	13,02	13,41	12,37	9,90	7,67	6,36
Temperatura Máxima Média (°C)	22,93	22,79	21,57	18,96	16,24	14,76
Mês (de 1961 a 2015)	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura Compensada Média (°C)	9,66	10,94	11,74	13,21	14,62	16,27
Temperatura Mínima Média (°C)	5,98	6,82	7,69	9,15	10,34	12,00
Temperatura Máxima Média (°C)	14,78	16,56	17,37	18,84	20,55	22,27
Ano (1961 a 2015)	Média Anual					
Temperatura Compensada Média (°C)	13,42					

Tabela 26. Continuação.

Temperatura Mínima Média (°C)	9,56
Temperatura Máxima Média (°C)	18,97

Modificado de INMET (2016)

(2) Insolação: insolação média mensal de 152,70 horas (mínima de 127,72 h em junho e máxima de 169,22 h em dezembro), totalizando 1.832,36 horas por ano (Tabela 27).

Tabela 27. Estação Meteorológica de São Joaquim (médias mensais, média anual e soma anual de 1961 a 2015).

Mês (de 1961 a 2015)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Insolação Total (h)	163,78	142,58	163,65	157,35	151,07	127,72
Mês (de 1961 a 2015)	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Insolação Total (h)	145,88	143,85	140,71	154,03	172,51	169,22
Ano (de 1961 a 2015)	Média Mensal	Média Anual				
Insolação Total (h)	152,70	1832,36				

Modificado de INMET (2016)

(3) Precipitação: precipitação média mensal de 140,02 mm (mínima de 92,01 mm em abril e máxima de 175,38 mm em setembro), totalizando 1.680,23 mm por ano; e número médio anual de dias de precipitação de 12,23 dias (mínima de 9,66 dias em maio e junho e máxima de 16 dias em janeiro), totalizando 146,73 dias por ano (Tabela 28).

Tabela 28. Estação Meteorológica de São Joaquim (médias mensais, média anual e soma anual de 1961 a 2015).

Mês (de 1961 a 2015)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Precipitação Total (mm)	168,12	169,72	135,55	92,01	103,71	118,57
Número de Dias de Precipitação	16,00	15,83	13,03	9,68	9,96	9,96
Mês (de 1961 a 2015)	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Precipitação Total (mm)	139,76	145,43	175,38	164,43	131,63	135,93
Número de Dias de Precipitação	10,58	10,68	11,78	13,59	12,79	12,86
Ano (de 1961 a 2015)	Média Mensal	Média Anual				
Precipitação Total (mm)	140,02	1680,23				
Número de Dias de Precipitação	12,23	146,73				

Modificado de INMET (2016)

5.3 DADOS FISIAGRÁFICOS

De acordo com os dados obtidos do MDT de São Joaquim (SDS, 2010), o município de São Joaquim apresenta as seguintes características fisiográficas:

(1) Altitude: varia de 715 a 1.638 metros (Fig. 48), sendo que praticamente 65 % da área do município encontra-se entre 1000 e 1300 metros (Tabela 29). A maioria dos vinhedos está entre 1.100 e 1.500 metros de altitude.

Tabela 29. Cotas altimétricas do município de São Joaquim.

Altitude	Área (km²)	Área (%)
< 800 metros	12,58	0,66
800 – 900 metros	71,97	3,82
900 – 1000 metros	191,86	10,16
1000 – 1100 metros	376,92	19,98

Tabela 29. Continuação.

1100 – 1200 metros	469,88	24,89
1200 – 1300 metros	375,42	19,89
1300 – 1400 metros	248,39	13,17
1400 – 1500 metros	115,63	6,13
1500 – 1600 metros	23,52	1,25
> 1600 metros	1,06	0,05
Total	1.887,25	100,00

Modificado de SDS (2010)

(2) Direção: não há uma direção predominante nas encostas São Joaquim (Fig. 49), todas as direções ocupam uma área entre 10 e 15 % do município (Tabela 30).

Tabela 30. Direção das encostas do município de São Joaquim.

Direção	Área (km²)	Área (%)
Norte (0° - 22,5° e 337,5° - 360°)	257,38	13,63
Nordeste (22,5° - 67,5°)	215	11,39
Leste (67,5° - 112,5°)	199,55	10,57
Sudeste (112,5° - 157,5°)	224,04	11,87
Sul (157,5° - 202,5°)	243,98	12,93
Sudoeste (202,5° - 247,5°)	229,33	12,16
Oeste (247,5° - 292,5°)	246,61	13,07
Noroeste (292,5° - 337,5°)	271,19	14,37
Plano (-1°)	0,16	0,0084
Total	1.887,25	100,00

Modificado de SDS (2010)

(3) Declividade: há um predomínio de encostas com declividades entre 20 e 45% (cerca de 43 % da área do município), classificadas como de relevo forte ondulado (Tabela 31) (Fig. 50).

Tabela 31. Declividade das encostas do município de São Joaquim.

Declividade	Área (km²)	Área (%)
Plano (0 - 3%)	72,1	3,82
Suave Ondulado (3 – 8%)	213,84	11,33
Ondulado (8 – 20%)	523,85	27,75
Forte Ondulado (20 – 45%)	813,25	43,09
Montanhoso (45 – 75%)	245,8	13,03
Escarpado (>75%)	18,41	0,98
Total	1.887,25	100,00

Modificado de SDS (2010)

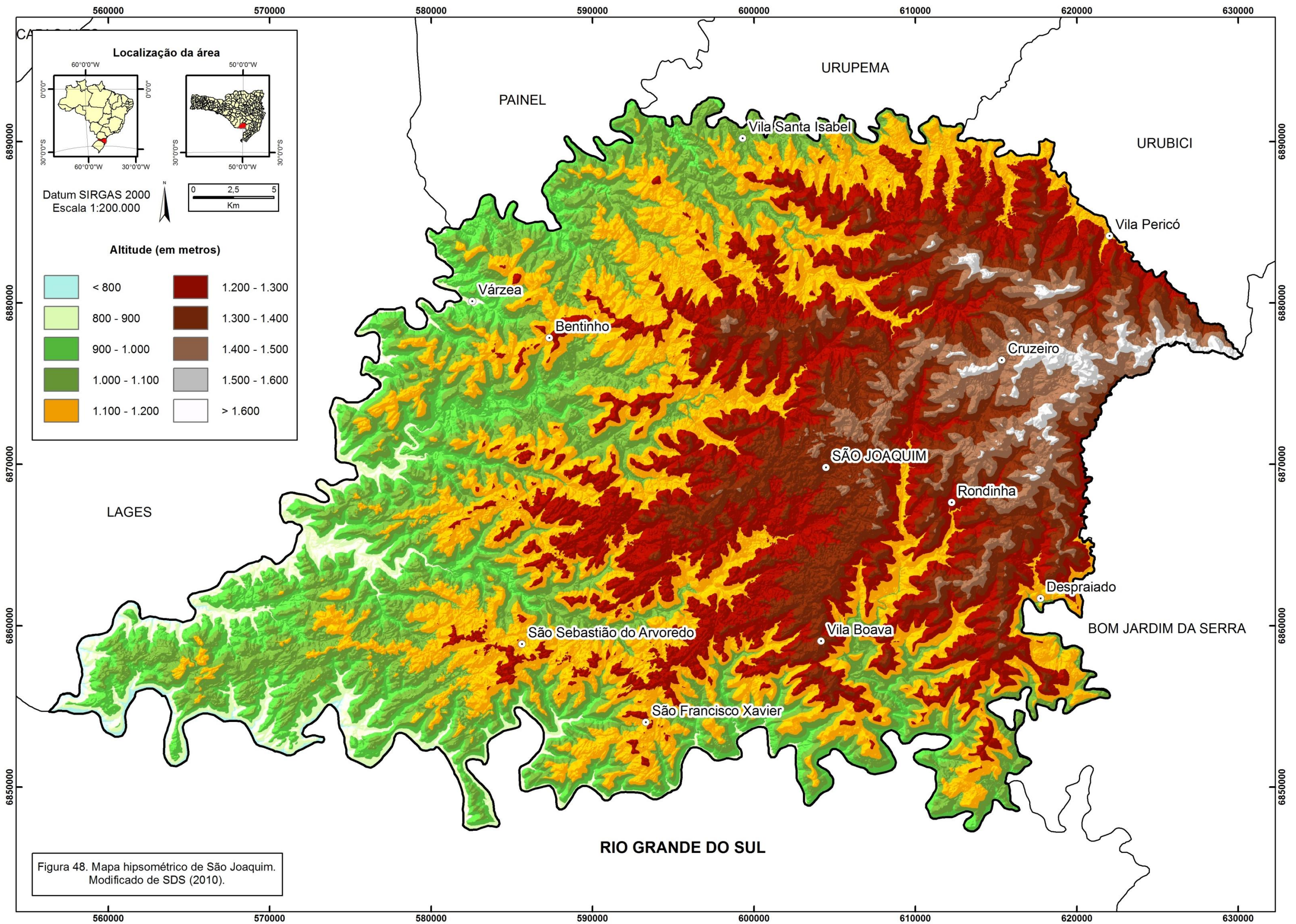
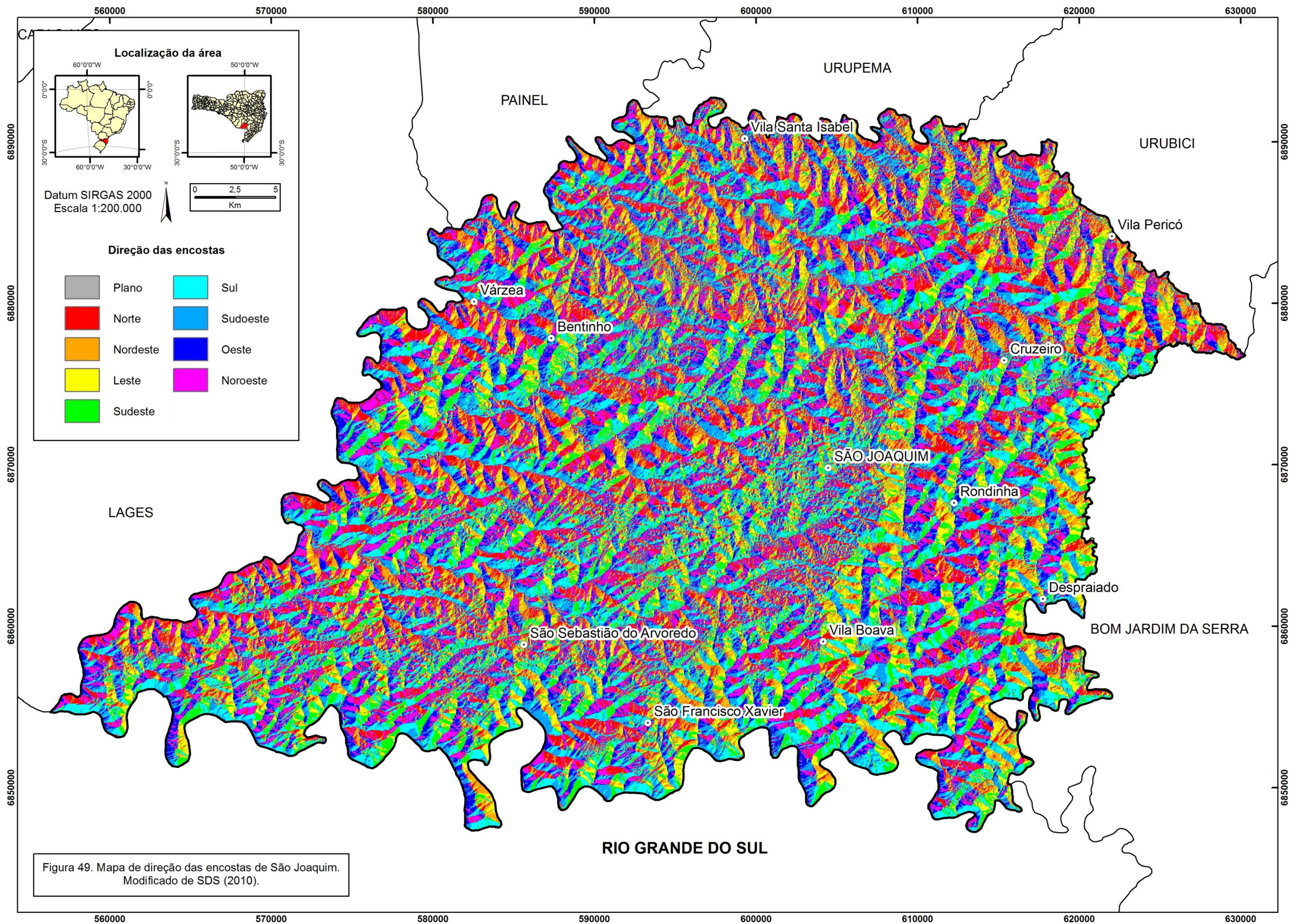
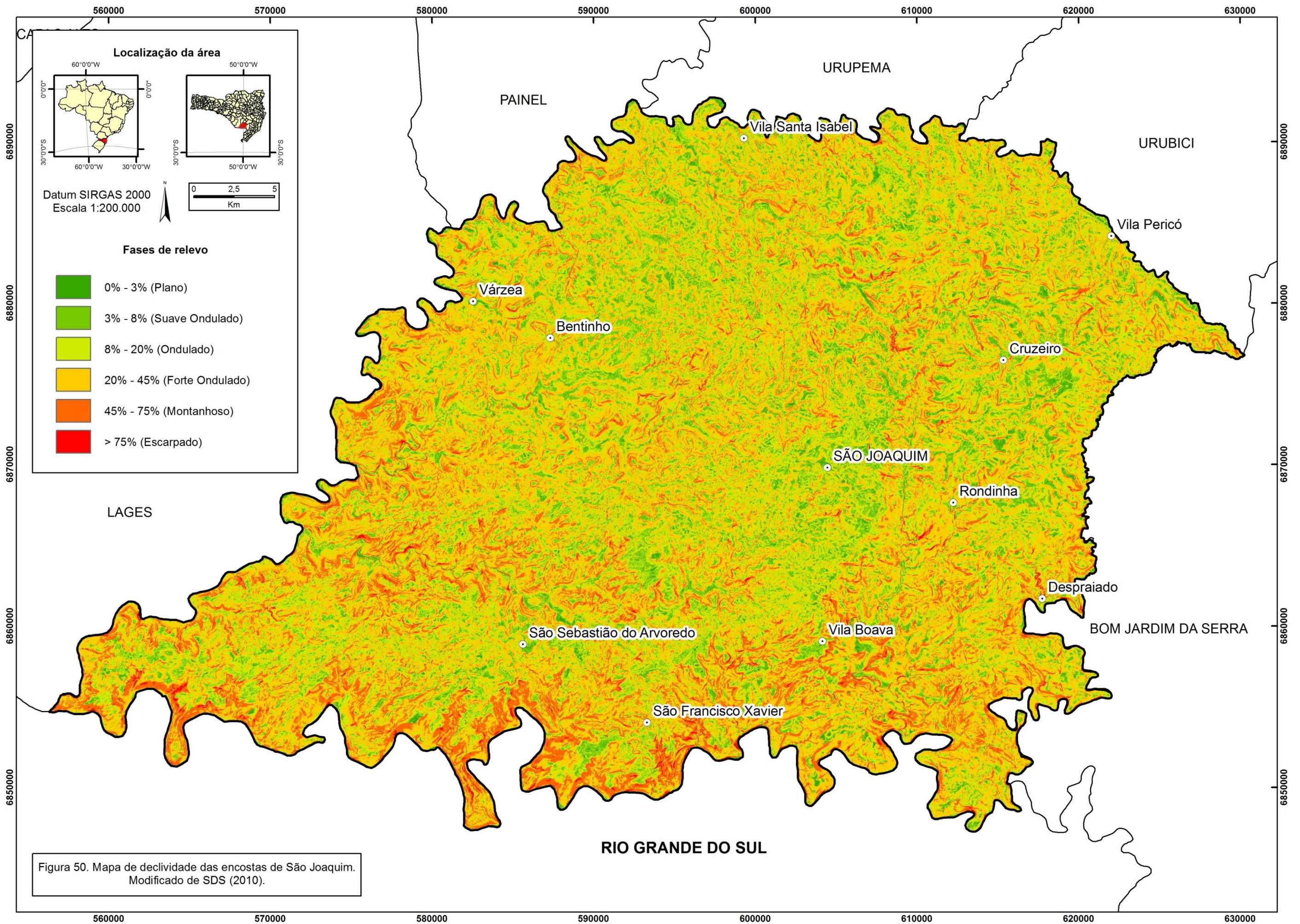


Figura 48. Mapa hipsométrico de São Joaquim.
Modificado de SDS (2010).





6. DISCUSSÃO

6.1 FATORES GEOLÓGICO E PEDOLÓGICO

6.1.1 Geoquímica

6.1.1.1 SJE-001

A coleta neste ponto se deve ao fato de não sabermos se esta região era composta por vulcânicas básicas ou ácidas, devido ao fato de existir uma mudança no tipo de solo, indicado no Mapa de solos do sudeste do Estado de Santa Catarina, Embrapa (1998). Depois de realizada a análise geoquímica, constatou-se que a litologia neste ponto era distinta das demais. Sua composição não era nem formada por basaltos baixo-Ti do tipo Gramado como indicado no mapa geológico do Platô de São Joaquim de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015b), nem formada por rochas ácidas de acordo com a hipótese inicial, baseada na observação de uma correlação espacial entre as rochas vulcânicas ácidas e os solos do grupo Cambissolo. Pelo contrário, no local foi constatada a presença de basaltos alto-Ti do tipo Urubici. Como no trabalho de Besser, Vasconcellos e Nardy (2015b) foram encontradas soleiras de composição basáltica alto-Ti, presume-se que este ponto constitui uma destas soleiras. No entanto, para delimitar a sua área de abrangência se faz necessário um estudo detalhado no local a fim de confirmar essa hipótese.

6.1.2 Geologia vs Pedologia

Os dados pedológicos avaliados foram textura, pH, teor de matéria orgânica (MO) e profundidade. Melo (2003), atesta que se deve dar preferência para solos com textura franca (300-500 g kg⁻¹ de areia; 300-500 g kg⁻¹ de silte e 100-300 de argila, segundo Santos et al., 2013) e bem drenados, com pH variando de 5,0 a 6,0 e com teor de MO de pelo menos 20 g kg⁻¹; e Dortzbach (2016), relata que 90% do sistema radicular da videira está distribuída nos primeiros 60 centímetros do solo.

Quanto à textura, a maior parte dos perfis de solo amostrados (SJE-004, SJE-002, SJE-003 e SJE-006) foi classificada no grupamento textural, segundo Santos et al. (2013), como textura argilosa, que apresenta teores de argila variando de 350-600 g kg⁻¹ (Tabelas 9, 15, 18, 21 e 24). Apenas o perfil do ponto SJE-011 (Tabela 12) não apresenta uma textura homogênea ao longo do perfil, sendo verificado nos horizontes A1 e A2 textura franco-argilossiltosa, no horizonte AB textura argilossiltosa; e nos horizontes B1 e B2 muito argilosa. A textura argilosa ou muito argilosa encontrada em todos os perfis é decorrente dos processos de intemperismo que atuaram sobre o material de origem, pois tanto o

basalto, quanto o dacito e o riolito, apresentam textura afanítica (Figuras 21B, 25B, 29B, 33B, 37B e 41B), o que ocasiona ao solo uma textura de granulometria fina, neste caso argilosa a muito argilosa. Todos os perfis de solo avaliados apresentaram boa drenagem. Porém, solos de textura binária (SJE-011) podem apresentar restrições à drenagem no período chuvoso, devido à presença de gradiente textural elevado.

Quanto ao pH, somente os solos derivados dos basaltos (SJE-004 e SJE-011) apresentaram o pH dentro dos valores adequados, entre 5,17 e 5,88 (Fig. 51). Além de esses solos possuírem os menores teores de Al (Tabela 8 e 11) (Fig. 52). Os solos da unidade ácida apresentaram todos os valores de pH igual ou abaixo de 5,0. Os solos derivados dos dacitos (SJE-002 e SJE-009) apresentaram os valores de pH entre 4,09 e 4,99; e os solos derivados dos riolitos (SJE-003 e SJE-006) apresentaram os valores de pH entre 4,37 e 5,00). Nos basaltos, por possuírem maior % de CaO e MgO em comparação ao dacito e riolito (Tabela 25), tem-se solos com valores de pH menos ácido.

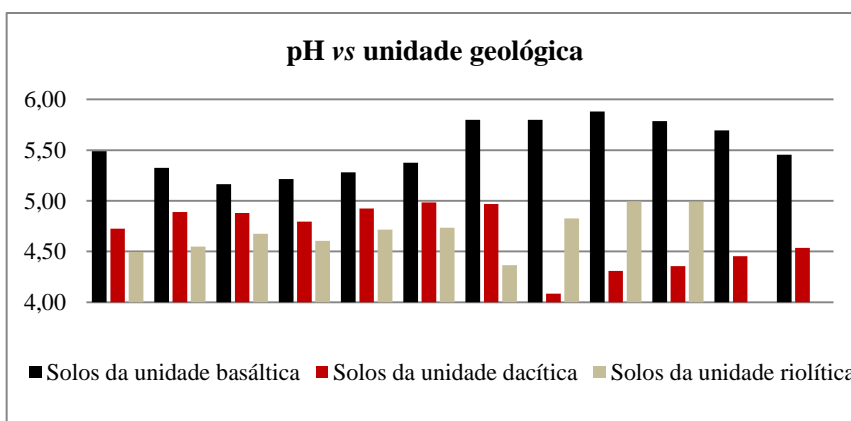


Figura 51. Histograma com os valores do pH de cada horizonte descrito, separados por unidade geológica das quais se originaram.

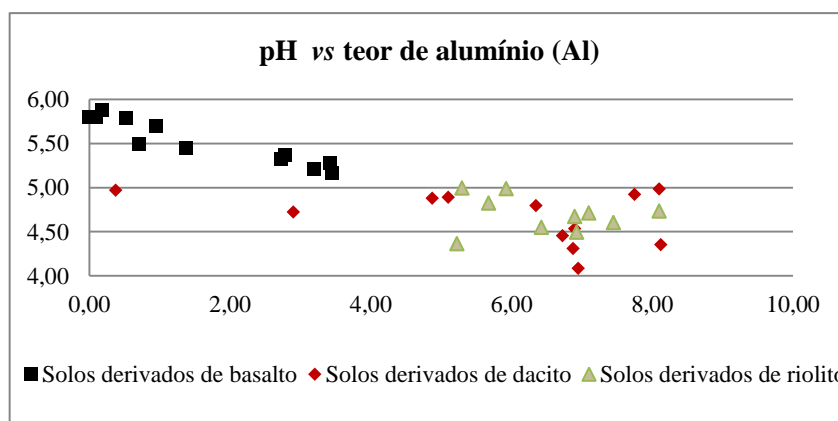


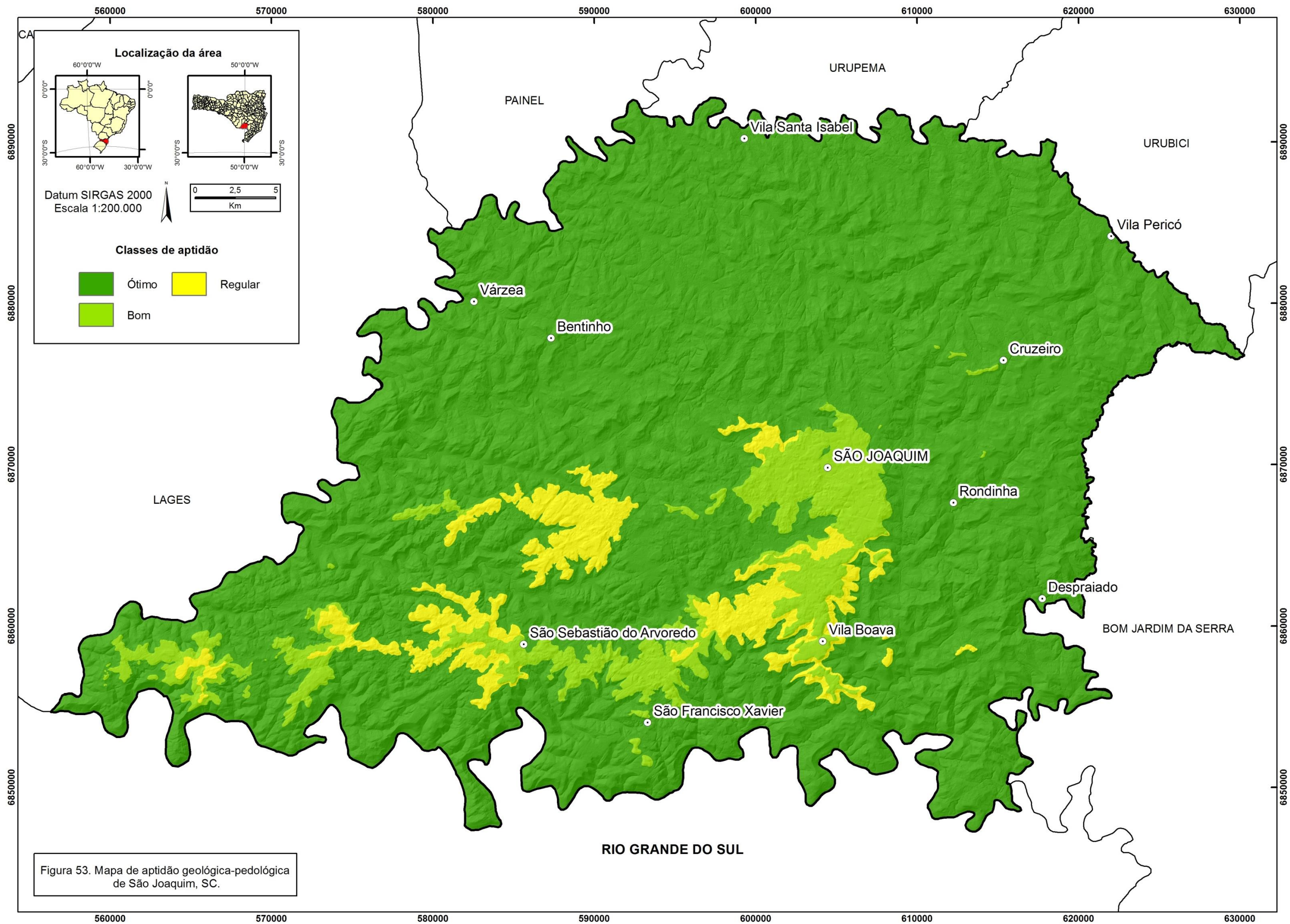
Figura 52. Diagrama binário (pH vs teor de alumínio), com os teores de alumínio (Al) de cada horizonte descrito, separados por unidade geológica das quais se originaram. É possível observar um trend negativo dos solos derivados dos basaltos em relação aos derivados dos dacitos e riolitos.

Quanto ao teor de matéria orgânica, todos os perfis de solos avaliados apresentaram altos teores. Os solos derivados dos basaltos (SJE-004 e SJE-011) apresentaram teor de MO entre 20,17 e 107,88 g kg⁻¹; os solos derivados dos dacitos (SJE-002 e SJE-009) apresentaram teor de MO entre 11,08 e 230,27 g kg⁻¹; e os solos derivados dos riolitos (SJE-003 e SJE-006) apresentaram teor de MO entre 19,54 e 81,83 g kg⁻¹. Estes altos valores de MO estão associados ao clima e material de origem. O clima mais frio ao longo do ano diminui a taxa de decomposição dos resíduos vegetais pelos microorganismos decompositores, fazendo com que a matéria orgânica acumule. Como a textura do solo é argilosa, tem-se uma interação da parte orgânica com a mineral, formando complexos organominerais, os quais aumentam a proteção dessa matéria orgânica no solo (STEVENSON, 1994; DICK et al., 2009).

Quanto à profundidade, todos os perfis avaliados apresentaram profundidade suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular da videira, com exceção do perfil SJE-006 (solo derivado dos riolitos), que apresenta contato lítico aos 37 cm. Em geral os solos mais profundos são encontrados nos solos derivados dos basaltos (SJE-004 e SJE-011), o que está relacionado com a menor resistência aos processos de intemperismo se comparado com o riolito e dacito.

A partir desses dados foi possível constatar, com base nos afloramentos e perfis de solos descritos e analisados, que os solos derivados dos basaltos, apresentam melhores características para o cultivo da videira, seguido pelos derivados dos dacitos e dos riolitos. Essa conclusão se deu devido ao fato dos solos derivados dos basaltos (SJE-004 e SJE-11) apresentarem profundidade adequada, de acordo com Dortzbach (2016), e valores de pH dentro dos considerados por Melo (2003). Os solos derivados dos dacitos (SJE-002 e SJE-009) apresentam profundidade adequada, porém os valores de pH estão abaixo dos considerados ideais; e os solos derivados dos riolitos (SJE-003 e SJE-006) não apresentam nem profundidade nem valores de pH propícios para a viticultura.

Portanto, para a realização da análise multicriterial, foi elaborado um mapa de aptidão geológica-pedológica (Fig. 53), classificando como Ótimo (valor 10) a unidade basáltica, como Bom (valor 7) a unidade dacítica e como Regular (valor 5) a unidade riolítica. No entanto, deve-se chamar atenção para o fato de que isso só será realmente comprovado através de um número mais expressivo de coletas e análises de amostras de rocha e solo para aumentar esta relação encontrada neste estudo e testar se realmente existe uma correlação entre um determinado tipo litológico e as características dos solos derivados dele; e se essas características têm influência no cultivo da videira. Esse mapa é preliminar e necessita de um estudo mais aprofundado quanto ao tema.



6.2 FATOR METEOROLÓGICO

Quanto à temperatura o município de São Joaquim se demonstrou apto ao cultivo da videira. Tonietto e Mandelli (2003) afirmam que a videira pode suportar temperaturas entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ no inverno; do final do inverno ao início da primavera a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ é tida como mínima; do final da primavera ao início do verão a temperatura aconselhada é igual ou superior a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$; no verão a temperaturas ideais ficam entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, não devendo exceder os $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. De acordo com os dados históricos de 1961 a 2015 da Estação Meteorológica de São Joaquim (INMET, 2016), durante o inverno a temperatura média no município não fica abaixo dos $9,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mês de julho); do final do inverno ao início da primavera a temperatura média fica entre $10,99\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $11,74\text{ }^{\circ}\text{C}$ (meses de agosto e setembro, respectivamente); do final da primavera ao início do verão a temperatura média fica entre $14,62\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $16,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (meses de novembro e dezembro, respectivamente); no verão a temperatura média chega no máximo a $17,12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estes dados comprovam o clima de São Joaquim como sendo o mais frio do Brasil.

Quanto à insolação o município de São Joaquim também se demonstrou apto ao cultivo da videira. Sentelhas (1998) atesta que a videira necessita de 1.200 a 1.400 horas de sol/ano. De acordo com os dados históricos de 1961 a 2015 da Estação Meteorológica de São Joaquim (INMET, 2016), o município recebe um total de 1.832 horas de sol/ano. Mais do que o necessário para que seja completo o ciclo vegetativa da videira.

Quanto à precipitação o município de São Joaquim demonstrou-se inapto ao cultivo da videira. Van Leeuwen (2010) diz que os índices pluviométricos das melhores regiões produtoras de vinho do mundo variam entre 300 a 1.000 mm/ano. De acordo com os dados históricos entre os anos de 1961 a 2015 da Estação Meteorológica de São Joaquim (INMET, 2016), no município chove um total de 1.680 mm/ano; muito além do limite estipulado.

Não foi gerado nenhum mapa de aptidão meteorológica, pois no município de São Joaquim há somente uma estação meteorológica com uma base de dados meteorológicos históricos. Então se considerou essas características como homogêneas para toda a região do município.

Quanto ao clima vitícola de São Joaquim, quando comparado com outras regiões viticultoras do mundo, é possível observar uma semelhança com as regiões de Freiburg na Alemanha e Besançon na França, ambos do tipo “Frio, de Noites Muitas Frias e Úmido” (IH_{-2} ; IF_{+2} ; IS_{-2}) (EMBRAPA, 2013b) (Fig. 54). São Joaquim, Freiburg e Besançon apresentam todos os índices que definem o clima vitícola bastante semelhantes: Índice Heliotérmico – IH (1714 em São Joaquim; 1684 em Freiburg; e 1643 em Besançon), Índice de Frio Noturno – IF ($12,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ em São Joaquim; $11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ em Freiburg; e $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ em Besançon) e Índice de Seca – IS (200 mm nas três regiões). Segundo a classificação climática de Köppen, o tipo climático dessas regiões também é o mesmo: Cfb (temperado úmido, com verão

ameno) (CLIMATE-DATA.ORG, 2016a; CLIMATE-DATA.ORG, 2016b). Além da semelhança quanto ao clima vitícola e tipo climático, o distrito viticultural de Kaiserstuhl, localizado próximo ao Rio Rhine, à 10 km à noroeste de Freiburg na Alemanha, também apresenta semelhança quanto à geologia por encontrar-se sobre uma pequena cadeia de montanhas vulcânicas (WINE-SEARCHER, 2013), onde são cultivadas variedades como Pinot Noir, Müller-Thurgau, Pinot Gris, Pinot Blanc, Silvaner (BRAATZ; SAUTTER; SWOBODA, 2014), Moscato Bianco, Riesling, Sauvignon Blanc, Chardonnay, Merlot, Gewurztraminer, Moscato e Scheurebe (WINE-SEARCHER, 2013). A partir do exposto é de se considerar a possibilidade de testar a adaptação dessas variedades no município de São Joaquim e quem sabe descobrir uma nova vocação para a região. A variedade Sauvignon Blanc já se destaca como a que melhor se adaptou às condições de São Joaquim, então testar as outras variedades pode levar a novas descobertas.

N	País	Região	Localização			IH	IF (°C)	IS (mm)	Classe			Período	Fonte
			Latitude	Longitude	Altitude				IH	IF	IS		
1	Alemanha	Freiburg	48°00'N	7°51'L	269m	1684	11.7	200	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]
2	Alemanha	Geisenheim	49°58'N	7°57'L	118m	1541	10.3	188	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]
3	Alemanha	Neustadt	49°21'N	8°10'L	125m	1606	10.4	178	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]
4	Brasil	Planalto Catarinense / São Joaquim	28°17'S	49°55'O	1415m	1714	12.1	200	IH-2	IF+1	IS-2	1972-2001	[2]
5	Eslovênia	Bizeljsko	46°01'N	15°42'L	170m	1776	10.1	200	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]
6	Eslovênia	Murska Sobota	46°37'N	16°10'L	188m	1686	9.2	200	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]
7	Eslovênia	Novo Mesto	45°48'N	15°10'L	220m	1676	10.0	200	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]
8	França	Besançon	47°15'N	5°58'L	309m	1643	11.0	200	IH-2	IF+2	IS-2	1986-1995	[1]
9	Suíça	Genève	46°15'N	6°07'L	420m	1542	8.6	196	IH-2	IF+2	IS-2	1961-1990	[1]

Figura 54. Regiões viticultoras com o clima vitícola semelhante ao de São Joaquim, como Freiburg na Alemanha e Besançon na França. Extraído de Embrapa (2013b).

6.3 FATOR FISIAGRÁFICO

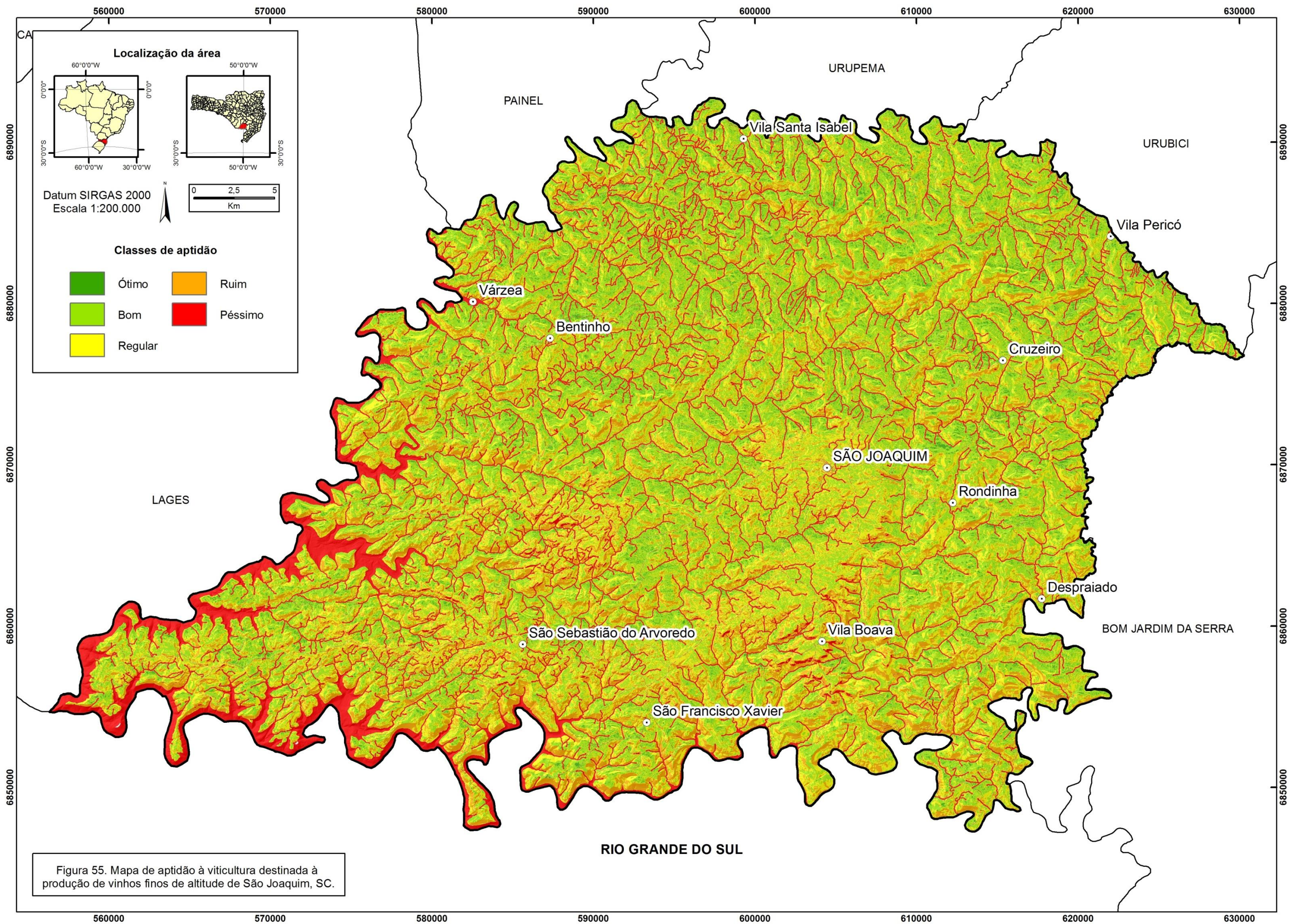
Quanto à altitude, o município de São Joaquim apresenta algumas regiões aptas ao cultivo da videira para produção de vinhos finos de altitude. Acavitis (2006), atesta que para ser considerado como de altitude o vinhedo deve estar acima dos 900 metros de altitude. De acordo com os dados do MDT de São Joaquim obtido pelo Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina, disponível pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS, 2010), o município apresenta 95,52% da sua área acima dos 900 metros de altitude, totalizando 1.802,68 km².

Quanto à direção das encostas, o município de São Joaquim também apresentou algumas regiões aptas ao cultivo da videira para produção de vinhos finos de altitude. Melo (2003), atesta que “a exposição do vinhedo para o norte permite que as plantas recebam os raios solares por mais tempo e ainda ficam protegidas dos ventos frios do sul”. De acordo com os dados do MDT de São Joaquim obtido pelo Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina, disponível pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS, 2010), o município apresenta 13,62% da sua área voltada para N, 11,39% voltada para NE e 14,36% voltada para NW, totalizando 743,57 km².

Quanto à declividade das encostas, o município de São Joaquim também apresentou algumas regiões aptas ao cultivo da videira para produção de vinhos finos de altitude. Jordan et al. (1981), atesta que a declividade das encostas nos vinhedos não deve ser superior a 20%, pelos riscos de erosão ou por dificultar a mecanização; e Dortzbach (2016), atesta que os terrenos planos, com declividades inferiores a 3%, facilitam a mecanização, no entanto, podem apresentar problemas relacionados com solos encharcados ou mal drenados. Assim neste trabalho foi considerado o intervalo entre 3% e 20% de declividade como mais recomendado para o cultivo da videira. De acordo com os dados do MDT de São Joaquim, obtido pelo Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina (SDS, 2010), o município apresenta 39,08% das suas encostas entre 3% e 20% de declividade (regiões com relevo suave ondulado a ondulado), totalizando uma área de 737,69 km².

6.4 MAPA DE APTIDÃO À VITICULTURA

O mapa de aptidão à viticultura do município de São Joaquim (Fig. 55) foi gerado a partir da análise multicriterial dos mapas de aptidão fisiográfica (altitude, direção e declividade das encostas) e de aptidão geológica-pedológica. Como já foi dito, esse mapa é preliminar e carece de um estudo mais aprofundado para que se possa compreender a complexa relação entre geologia (material de origem) e pedologia (solos gerados). Foram consideradas as características dos solos analisados neste trabalho (SJE-002, SJE-003, SJE-004, SJE-006, SJE-009 e SJE-011). Assim, com base nos fatores fisiográfico, pedológico e geológico, foram consideradas como as melhores áreas para o cultivo da videira (classe Ótimo) aquelas apresentando encostas com direção N, declividade entre 3 e 20 %; e com solos derivados de basaltos (Fig. 55). As áreas abaixo de 900 metros de altitude, áreas de preservação permanente APP's (rios e nascentes) e as vias interurbanas e urbanas foram consideradas como áreas não aptas à viticultura e encontram-se no mapa em vermelho como parte da classe Péssimo. Foram identificadas 77,45 km² de terras como Ótimo; 737,97 km² como Bom; 532,99 km² como Regular; 267,83 km² como Ruim; e 270,19 km² como Péssimo.



7. CONCLUSÕES

1. Em relação ao fator meteorológico, São Joaquim apresentou condições ideais de temperatura e insolação; e excessivas de precipitação. As temperaturas médias anuais estão entre a mínima e máxima exigida pela videira. A insolação média anual é 52% superior ao mínimo recomendado para que a videira possa completar o seu ciclo vegetativo. Já a precipitação média anual, em relação às melhores regiões vitícolas do mundo, é 68% superior aos índices pluviométricos máximos e 460% superior aos índices pluviométricos mínimos.

2. Em relação ao fator fisiográfico, São Joaquim apresenta condições ideais em relação a todos os elementos: 95,52% de sua área está situada acima do limite mínimo (> 900 m) para ser considerada como “de altitude”; 13,62% da sua área possui encostas voltadas para a face N; e 39,08% da sua área apresenta encostas com a melhor declividade (3 - 20 %) para o cultivo da videira.

3. Em relação ao fator pedológico, todos os perfis de solos analisados de São Joaquim apresentam textura variando de argilosa a muito argilosa. Porém, em todos os perfis avaliados verificou-se uma estrutura bem desenvolvida com agregados granulares (Horizonte A) e em blocos angulares e subangulares (Horizonte B), o que favorece a presença de poros e assim uma boa drenagem. O que provavelmente acarretará em problemas de drenagem nestes solos de textura argilosa será a presença de alguma camada limitante à passagem da água, a exemplo de contato lítico (SJE-003 e SJE-006) ou gradiente textural (SJE-011).

4. Em relação ao fator pedológico, os solos analisados derivados dos basaltos apresentam os valores de pH recomendados para o cultivo da videira; e em todos os solos analisados o valor do pH está associado ao teor de alumínio (Al), que na região encontra-se muito superior ao indicado para viticultura. O teor de matéria orgânica (M.O) dos solos são superiores ao mínimo indicado para o cultivo da videira; um dos solos analisados chegou até a apresentar horizonte O. Com exceção de um solo derivado dos riolitos (SJE-006), todos os solos analisados apresentaram espessura suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular da videira. Em geral os solos mais profundos são encontrados nos solos derivados dos basaltos.

5. Em relação ao fator geológico, o tipo litológico além de controlar algumas características do solo, também controla algumas características fisiográficas. O relevo das regiões onde se encontram as rochas vulcânicas ácidas tende a ser plano e situado na parte mais alta da paisagem, tendo como maior exemplo o Platô de São Joaquim.

6. Em relação à aptidão à viticultura destinada a produção de vinhos finos de altitude de São Joaquim, foi possível identificar um total de 77,45 km² de terras com as melhores condições.

7. Em função das semelhanças quanto ao clima vitícola e geologia do município de São Joaquim com o distrito vitícola de Kaiserstuhl, seria pertinente testar a adaptação das variedades

Pinot Noir, Müller-Thurgau, Pinot Gris, Pinot Blanc, Silvaner, Moscato Bianco, Riesling, Sauvignon Blanc, Chardonnay, Merlot, Gewurztraminer, Moscato e Scheurebe na região.

8. Este trabalho constitui uma avaliação preliminar da aptidão de São Joaquim para viticultura destinada à produção de vinhos finos de altitude. É fundamental dar continuidade ao trabalho a fim de adensar o número de afloramentos descritos e de amostras coletas para confirmar as hipóteses aqui levantadas e para que o que mapa de aptidão se torne o mais preciso possível.

9. O município de São Joaquim tem potencial para se tornar uma região vitivinicultora com destaque nacional e internacional; e por ser ainda muito jovem deve ser incentivada a pesquisa para a determinação das características físicas do município (definição do seu *terroir*) e a adaptação de novas variedades de uva à região. O futuro da viticultura de São Joaquim não deve ser limitado pelas regras impostas por uma indicação geográfica (IG), como é feito nas regiões viticultoras tradicionais ao redor do mundo. Ainda há muito do que experimentar.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAVITIS - Associação Catarinense de Produtores de Vinhos Finos de Altitude. 2006. Disponível em <<http://www.vinhodealtitude.com.br>>. Acessado em 18 nov 2016.

AL NOTÍCIAS - Jornal da Assembleia Legislativa de Santa Catarina. LEONORA, Andrea. (Ed.). **A riqueza brota da uva**. Florianópolis, p. 1-8. 13 jul. 2007. Disponível em: <http://ww1.alesc.sc.gov.br/portal/jornalAlNoticia/jornal_pdf/julho/ed263.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2016

BELLIENI, Giuliano et al. High- and low-TiO₂ flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. **Neues Jahrbuch Miner, Abh**, Stuttgart, v. 3, n. 150, p.273-306, dez. 1984. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/283970386_High_and_low-TiO₂_flood_basalts_from_the_Parana_plateau_Brazil_petrology_and_geochemical_aspects_bearing_on_their_mantle_origin](https://www.researchgate.net/publication/283970386_High_and_low-TiO2_flood_basalts_from_the_Parana_plateau_Brazil_petrology_and_geochemical_aspects_bearing_on_their_mantle_origin)>. Acesso em: 29 set. 2016.

BELLIENI, Giuliano et al. Petrogenetic Aspects of Acid and Basaltic Lavas from the Paran Plateau (Brazil): Geological, Mineralogical and Petrochemical Relationships. **Journal Of Petrology**, [s.l.], v. 27, n. 4, p.915-944, 1 ago. 1986. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273623665_Petrogenetic_Aspects_of_Acid_and_Basaltic_Lavas_from_the_Paran_Plateau_Brazil_Geological_Mineralogical_and_Petrochemical_Relationships>. Acesso em: 29 set. 2016.

BESSER, Marcell Leonard; VASCONCELLOS, Eleonora Maria Gouvêa. Platô de São Joaquim, Província Magmática do Paraná: aspectos de campo e questões geológicas. **Comunicações Geológicas**, Porto, v. 101, n. 1, p.53-56, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.ineg.pt/iedt/unidades/16/paginas/26/30/185>>. Acesso em: 01 out. 2015.

BESSER, Marcell Leonard; VASCONCELLOS, Eleonora Maria Gouvêa; NARDY, Antônio José. Platô de São Joaquim, Província Magmática do Paraná: Feições de Campo e Questões Genéticas. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, PR, v. 72, n. 1, p.13-28, jan. 2015a. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/geociencias/article/view/35875/26405>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

BESSER, Marcell Leonard; VASCONCELLOS, Eleonora Maria Gouvêa; NARDY, Antônio José Ranalli. Dacitic tabular flows of Santa Catarina southern highlands: stratigraphic correlations in Paraná-Etendeka Magmatic Province. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 6., 2015, São Paulo. **Boletim de Resumos**. São Paulo: USP, 2015b. v. 1, p. 20 - 20. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/visvaa/pt/boletim_resumos.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2015.

BORGHEZAN, Marcelo; GAVIOLI, Olavo; PIT, Fábio Antônio; SILVA, Aparecido Lima da. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2011. 46:398-405. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/09.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Agência de Florianópolis. Gerência de Planejamento. **Vitivinicultura em Santa Catarina: Situação atual e perspectiva**. Florianópolis: Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul - BRDE, 2005. 83 p.

BRIGHENTI, Emilio; TONIETTO, Jorge. O CLIMA DE SÃO JOAQUIM PARA A VITICULTURA DE VINHOS FINOS: Classificação pelo Sistema CCM Geovitícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. p. 1 - 4. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/brighenti_tonietto_2004.pdf> Acesso em: 24 mar. 2016.

CIASC - Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina. **Mapa Interativo de Santa Catarina**. 2016. Disponível em: < <http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br/sc.phtml>>. Acesso em 07 ago. 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. **CLIMA: KAISERSTUHL**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/164363/>>. Acesso em: 14 nov. 2016a.

CLIMATE-DATA.ORG. **CLIMA: BESANÇON**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/348/>>. Acesso em: 14 nov. 2016b.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J. & BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.1-67.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina**. 1:500.000. 1986.

DORTZBACH, Denilson. **Caracterização dos solos e avaliação da aptidão agrícola das regiões produtoras de vinhos finos de altitude de Santa Catarina**. 2016. 192f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf>. Acesso em: 21 set. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina**. 1:250.000. 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasília, DF). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**/ Humberto Gonçalves dos Santos... [et al.]. 3 ed. ver. ampl. - Brasília: EMBRAPA, 2013a. 356p.

EMBRAPA. **Sistema CCM Geovítica**: Consulta online na base de dados mundial. 2013b. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/ccm/consulta.php>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

EMBRAPA. **Capacitação Técnica em Viticultura**. 2014. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

EPAGRI/CIRAM, Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Mapas Digitais de Santa Catarina**. 2016. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2011.

FAKUNDINY, R. H.; CADWELL, D. H.; FLEISHER, P. J.. Geology of the Wine Country of New York: American Geophysical Union, 28th International Geological Congress, Field Trip Guidebook T338, Washington, DC, 1989. 64 p.

FRANCISCO, Carlos Eduardo da Silva et al. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de Áreas de Preservação Permanente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Inope, 2007. p. 2643 - 2650. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.13.55/doc/2643-2650.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

FRANK, Heinrich Theodor; GOMES, Márcia Elisa Boscato; FORMOSO, Milton Luiz Laquentinie. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, Rs, v. 1, n. 36, p.49-57, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/igeo/pesquisas/Sitenovo/3601/05-3601.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2016.

GARLAND, Frances G.; HAWKESWORTH, Chris J.; MANTOVANI, Marta. Description and Petrogenesis of the Paran Rhyolites, Southern Brazil. **Journal Of Petrology**, [s.l.], v. 36, n. 5, p.1193-1227, 1 out. 1995. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275150039_Description_and_Petrogenesis_of_the_Paran_Rhyolites_Southern_Brazil>. Acesso em: 29 set. 2016.

GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA. **Geoscience Canada**: Journal of the Geological Association of Canada. 2016. Disponível em: <<https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/index>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

GORDON Jr. et al. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Notas Preliminares e Estudos**, DNPM/DGM, Rio de Janeiro, 38:1-20p. 1947.

HAYNES, Simon J.. Geology, wine and scenery of the Niagara Escarpment: Field Guidebook, 31st Annual Meeting, Ontario Petroleum Institute, Niagara Falls, 1992. Published as: Department of Geological Sciences, Brock University, Urban Geology Series 1, St. Catharines, ON, 6 p.

HAYNES, Simon J. Geology, Scenery and Wines of the Niagara Escarpment: Geological Association of Canada, Mineralogical Association of Canada, Joint Annual Meeting, Waterloo 1994a, Field Trip A3, Guidebook, 10 p.

HAYNES, Simon J.. Wine, Geology and Glaciolacustrine Soils of the Niagara Escarpment: 33rd Annual Meeting, Ontario Petroleum Institute, Niagara Falls 1994b, Field Guidebook, 13 p.

HAYNES, Simon; GRANT, E. B.; HAYNES, V. S.. Geology of Niagara Falls and Niagara's Vineyard and Wines: International Mineralogical Association, General Meeting, 1998, Field Trip B7, Guidebook, 11 p.

HAYNES, Simon J. Geology and Wine 1: Concept of Terroir and the Role of Geology. **Geoscience Canada**, Canada, v. 26, n. 4, p.190-194, dez. 1999. Disponível em: <<https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/4026/4540>>. Acesso em: 13 set. 2015.

HOFF, Rosemary et al. O uso do gvSIG como apoio aos estudos de indicações geográficas para vinhos finos Farroupilha e Altos Montes, Serra Gaúcha, RS, Brasil. In: 1as Jornadas Brasileiras de gvSIG, 2010, Curitiba. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2010. v. 1. p. 10-20. Disponível em: <http://downloads.gvsig.org/download/events/jornadas-Brasileiras/2010/articles/Artigo-Estudos_indicacoes_geograficas_vinhos_finos_Farroupilha_Altos_Montes.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2016.

HOFF, Rosemary et al. Análise multicritério apoiada por sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados à viticultura: uma base de dados georreferenciados para a Rede de Agricultura de Precisão - AP2 da Embrapa. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011a, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Inpe, 2011a. p. 0615 - 0622. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1559.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

HOFF, Rosemary et al. O emprego de sensoriamento remoto e SIG como base para a gestão da viticultura no sul do Brasil. In: SBIAgro 2011b - VIII Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2011b, Bento Gonçalves. **Anais...** Florianópolis: EDUFSC, 2011. v. 1. p. 1-5.

HOFF, Rosemary et al. Sustainable Viticulture: geotechnology for characterization of land use and identification of permanent preservation areas in the Serra Gaúcha, Brazil - Vitivinicultura sustentável:

geotecnologias para caracterização de uso da terra e identificação de áreas de preservação permanente na região da Serra Gaúcha, Brasil. In: SELPER 2012, 2012, Caiena. SELPER 2012 – **Proceedings...** Caiena: Selper, 2012. v. 1. p. 1-6. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275892048_Sustainable_Viticulture_geotechnology_for_characterization_of_land_use_and_identification_of_permanent_preservation_areas_in_the_Serra_Gaucha_Brazil_Vitivinicultura_sustentavel_geotecnologias_para_car>. Acesso em: 02 ago. 2016.

HOFF, R.; DUCATI, J. R.; BERGMANN, M.. Geologic and geomorphologic features applied for identification of wine terroir units by digital image processing, spectroradiometric and GIS techniques in Encruzilhada do Sul, RS, Brazil. In: VIII International Terroir Congress, 2010, Soave (Verona). VIII International Terroir Congress **Proceedings...** Verona: Entecra, 2010. v. 1. p. 44-49. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274057720_Geologic_and_geomorphologic_features_applied_for_identification_of_wine_terroir_units_by_digital_image_processing_spectroradiometric_and_GIS_techniques_In_Encruzilhada_do_Sul_RS_Brazil>. Acesso em: 02 ago. 2016.

IBRAVIN - INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO. **Panorama Geral**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/Panorama-Geral>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

IBGE. **Santa Catarina » São Joaquim » infográficos: dados gerais do município**. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=421650>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

INGLEZ DE SOUZA, Julio Seabra. **Uvas para o Brasil**. 2. ed. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - Fealq, 1996. 791 p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. 2016**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

JACKSON, Ronald S. **Wine Science: Principles and Applications**. 3. ed. Oxford: Academic Press, 2008. 978 p

JANASI, Valdecir de Assis et al. Aspectos Geológicos, Petrográficos e Químicos do Vulcanismo ácido da Bacia do Paraná na Região de Piraju-Ourinhos (SP). **Anais do III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados**, Cabo Frio, R.J. – Brasil. 2005.

JANASI, Valdecir de Assis; FREITAS, Vivian Azor de; HEAMAN, Larry H.. The onset of flood basalt volcanism, Northern Paraná Basin, Brazil: A precise U–Pb baddeleyite/zircon age for a Chapecó-type dacite. **Earth And Planetary Science Letters**, [s.l.], v. 302, n. 1-2, p.147-153, fev. 2011.

JORDAN, T. D. et al. **Cultural Practices for Commercial Vineyards**. Ithaca, NY: New York State College Of Agriculture And Life Sciences, Miscellaneous Bulletin, 1981. 72 p. Disponível em: <<https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/17318>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

KER, João Carlos et al. **Pedologia: Fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 343 p.

KÖPPEN, W. Climatologia: com um estudo de los climas de la tierra. In: **Climatology**. New Gersey: Laboratory of Climatology, 1948. 104p.

MANTOVANI, Marta et al. Trace Element and Strontium Isotope Constraints on the Origin and Evolution of Paran Continental Flood Basalts of Santa Catarina State (Southern Brazil). **Journal Of Petrology**, [s.l.], v. 26, n. 1, p.187-209, 1 fev. 1985. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/31100643_Trace_Element_and_Strontium_Isotope_Constraints_on_the_Origin_and_Evolution_of_Paran_Continental_Flood_Basalts_of_Santa_Catarina_State_Southern_Brazil>. Acesso em: 29 set. 2016.

MELLO, Loiva Maria Ribeiro de. **Viticultura Brasileira: Panorama 2014**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa, 2015. 6 p. (Comunicado Técnico 175). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130803/1/Comunicado-Tecnico-175.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2015.

MELO, George Wellington. Preparo do solo, calagem e adubação. In: Embrapa Uva e Vinho. **Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado**. 4. ed. Bento Gonçalves: Embrapa, 2003. p. 2. (Sistemas de Produção). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/solo.htm>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

MINTNER, Lawrie. Geology of the Cape Winelands: International Volcanological Congress, Cape Town – July 1998, Field Excursion B3, Guide Book, 24 p.

MODENA, Rudi César Comiotto et al. Diferenciação de Rochas Vulcânicas da Formação Serra Geral Utilizando Gamaespectrometria Terrestre na Região Vitivinícola Serra Gaúcha, RS - Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 47. 2014, Salvador. **Apresentação...** Salvador: CBG, 2014. Disponível em: <<http://www.47cbg.com.br/apresentacoes/PAP016341.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

NARDY, Antonio José Ranalli. **Geologia e petrologia do Vulcanismo mesozóico da Região central da Bacia do Paraná**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Rio Claro (SP), p. 315. 1995.

NARDY, Antonio José Ranalli; OLIVEIRA, Marcos Aurélio Farias de; BETANCOURT, Ram Horizonte Seixas; VERDUGO, Diego Roberto Huete; MACHADO, Fábio Braz. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. SP, **Geociências**, 2002. 21:15-32.

NARDY, Antonio José Ranalli; MACHADO, Fábio Braz; OLIVEIRA, Marcos Aurélio Farias de. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 1, n. 38, p.178-195, mar. 2008. Disponível em: <<http://rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg/article/view/1353/1045>>. Acesso em: 02 maio 2016.

NAPA VALLERY VITNERS. **Napa Valley Nested AVAs**. Disponível em: <https://napavintners.com/napa_valley/appellations.asp>. Acesso em: 23 jun. 2016.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VIDEIRA E DO VINHO (OIV). **Resolution OIV/VITI 333/2010**: Definition of Vitivinicultural “Terroir”. Tbilisi, 2010. 1 p. Disponível em: <<http://www.oiv.int/public/medias/379/viti-2010-1-en.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2016

PEATE, David W.; MANTOVANI, Marta; HAWKESWORTH, Chris J.. Geochemical stratigraphy of the Paraná continental flood basalts: Borehole evidence. **Revista Brasileira de Geociências**, [s.i.], v. 2, n. 18, p.212-221, jun. 1988. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269095847_Geochemical_stratigraphy_of_the_Parana_continental_flood_basalts_Borehole_evidence>. Acesso em: 29 set. 2016.

PEATE, David W.; HAWKESWORTH, Chris J.; MANTOVANI, Marta. Chemical stratigraphy of the Parana lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. **Bulletin Of Volcanology, Pasadena, CA**, v. 55, n. 1, p.119-139, 08 ago. 1992.

PEATE, David W.. The Paraná-Etendeka Province. **Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism**, [s.l.], p.217-245, 1997. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.556.2208&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 29 set. 2016.

PETRINI, R. et al. Mantle Heterogeneity and Crustal Contamination in the Genesis of Low-Ti Continental Flood Basalts from the Paran Plateau (Brazil): Sr-Nd Isotope and Geochemical Evidence. **Journal Of Petrology**, [s.l.], v. 28, n. 4, p.701-726, 1 ago. 1987.

POLO, Liza Angélica. **Estilo Eruptivo do Vulcanismo Ácido na Província Magmática Paraná-Etendeka**: Estudo Estrutural, Textural e Químico de Corpos de Dacitos e Obsidianas na Região a Sul de Soledade, RS. 2010. 85 f. Exame de Qualificação (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

POGUE, Kevin. **Influence of basalt on the terroir of the Columbia Valley American Viticultural Area**. In: 8th International Terroir Congress, 2010, Centro di Ricerca Per La Viticoltura, Soave, Italy v. 1, p. 4-50 - 4-55. Disponível em: <<http://people.whitman.edu/~pogue/soave.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

POMEROL, C. **The Wine and Winelands of France**: Geological Journeys: Éditions du BRGM, Orleans, France, 1989.

POTTER, R. O. et al. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

PROTAS, José Fernando da Silva; CAMARGO, Umberto Almeida. **Vitivinicultura brasileira**: panorama setorial de 2010. [Brasília, DF: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 110 p. Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/downloads/1384347732.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2015.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa/CNPS, 1995. 65p.

RABACHINO, Roberto. **VINHOS | Etna Doc: o vinho do Vulcão**. 2015. Disponível em: <<http://asboascoisasdavid.com.br/o-vinho-do-vulcao-etna-doc/>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

ROSIER, Jean. Pierre. Novas regiões: vinhos de altitude no Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.137-140. Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve10/cbve10-palestra05.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2016.

SANTA CATARINA. GAPLAN - Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. 2. ed. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/mapas/atlas/AtlasVerde.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

SANTA CATARINA. GAPLAN - Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. 3. ed. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. 173 p. Disponível em: < <http://www.spg.sc.gov.br/mapas/atlas/AtlasBranco.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

SANTOS, Raphael David dos... [et al.]. **Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo**. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 102 p.

SDS - SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL/SC. **Levantamento aerofotogramétrico**. 2010. Disponível em <<http://sigsc.sds.sc.gov.br/download/index.jsp>> Acesso em: 13 de jun. 2016.

SENTELHAS, Paulo César. Aspectos climáticos para a viticultura tropical. **Informe Agropecuário 194**: 9-14. 1998. Disponível em: <http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=141&limit=10&limitstart=60&order=date&dir=DESC>. Acesso em: 18 nov. 2016.

STEVENSON, Frank J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. John Wiley & Sons, 1994.

TEDESCO, Marino José; GIANELLO, Clésio; BISSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sérgio Jorge. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (**Boletim Técnico de Solos, 5**)

TONIETTO, Jorge; CARBONNEAU, Alain. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural And Forest Meteorology**, [s.l.], v. 124, n. 1-2, p.81-97, jul. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1008614/1/1s2.0S0168192304000115main.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

TONIETTO, Jorge; MANDELLI, Francisco. Clima. In: Embrapa Uva e Vinho. **Uvas Viníferas para Processamento em Regiões de Clima Temperado**. 4. ed. Bento Gonçalves: Embrapa, 2003. p. 2. (Sistemas de Produção). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/clima.htm>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

UNESCO. **Tokaj Wine Region Historic Cultural Landscape**. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/list/1063>>. Acesso em: 03 ago. 2016a.

UNESCO. **Landscape of the Pico Island Vineyard Culture**. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/list/1117>>. Acesso em: 03 jun. 2016b.

VAN LEEUWEN, Cornelis. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. In: REYNOLDS AG. (ed). **Managing wine quality**. Volume1: Viticulture and wine quality. CRC Press: Boca Raton. 2010. p. 273-315. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282631097_Terroir_The_effect_of_the_physical_environment_on_vine_growth_grape_ripening_and_wine_sensory_attributes>

VIANNA, Luiz Fernando et al. Caracterização agronômica e edafoclimática dos vinhedos de elevada altitude. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, SC, v. 15, n. 3, p.215-226, ago. 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711532016215/pdf_43>. Acesso em: 17 nov. 2016.

WALLACE, Peigi. Geology of wine: International Geological Congress, 24th Session, Montreal, Section 6, Stratigraphy and Sedimentology, p. 359-365.

WINE-SEARCHER. **Kaiserstuhl Wine**. 2013. Disponível em: <<http://www.wine-searcher.com/regions-kaiserstuhl#winelisttab>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

WHITE, Israel Charles. Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil: **Relatório Final**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1908. 726 p.

WHITE, Robert E. **Soils for fine wines**. Nova York: Oxford University Press, 2003. 312 p.

WILSON, James E. **Terroir: the Role of Geology, Climate and Culture in the Making of French Wines**. Mitchell Beazley, London, UK. 1998. 336 p.