

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARTOGRAFIA E MODELAMENTO DIGITAL DA  
REGIÃO DE LAGES, SC.**

Samar dos Santos Steiner

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Machado

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF - 2004/27)

SÃO PAULO  
2004

TF  
S822  
SS.c

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Cartografia e Modelamento Digital da Região de  
Lages, SC**

**Samar dos Santos Steiner**

Monografia de Trabalho de Formatura

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Rômulo Machado \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Antonio Ferrari \_\_\_\_\_

Prof. Dr. José Roberto Canuto \_\_\_\_\_

São Paulo

2004



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

# CARTOGRAFIA E MODELAMENTO DIGITAL DA REGIÃO DE LAGES, SC.

Samar dos Santos Steiner

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Machado



MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF - 2004/27)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900016363

SÃO PAULO  
2004

TF  
S822  
SS.c

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOLOGIA

CARTOGRAFIA E MODELAGEM DIGITAL DA  
REGIÃO DE LAGES, SC.

Serгей Викторович Шайкин



Orientador: Prof. Dr. Renato Machado

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(11 - 2004)

SÃO PAULO  
2004



## ÍNDICE

<b>1- Agradecimentos</b>	<b>2</b>
<b>2- Resumo</b>	<b>2</b>
<b>3- Abstract</b>	<b>3</b>
<b>4- Introdução</b>	<b>3</b>
<b>5- Objetivos</b>	<b>4</b>
<b>6- Justificativas</b>	<b>4</b>
<b>7- Localização da Área e acessos</b>	<b>5</b>
<b>8- Desenvolvimento do Trabalho</b>	<b>6</b>
<b>9- Avaliação do Progresso do Projeto</b>	<b>6</b>
<b>10- Fundamentação Bibliográfica</b>	<b>7</b>
10.1- A Bacia do Paraná	7
10.2- Arcabouço Estrutural e Tectônico da Bacia	8
10.3- O Domo de Lages	9
<b>11- Materiais e Métodos</b>	<b>10</b>
<b>12- Unidades Litoestratigráficas</b>	<b>14</b>
12.1- Supergrupo Itararé (Carbonífero – Permiano)	14
12.2- Grupo Guatá (Permiano)	15
12.3- Fm. Rio do Bonito (Eopermiano)	15
12.4- Fm. Palermo (Neopermiano)	16
12.5- Fm. Serra Alta (Neopermiano)	16
12.6- Fm. Teresina (Neopermiano)	17
12.7- Fm. Rio do Rasto (Permiano Superior – Triássico)	17
12.8- Membro Serrinha	18
12.9- Membro Morro Pelado	18
12.10- Fm. Pirambóia (Triássico)	19
12.11- Fm. Botucatu (Jurássico)	19
12.12- Fm. Serra Geral (Cretáceo)	20
12.13- Fm. Terciária	21
12.14- Corpos intrusivos alcalinos	21
<b>13- Discussão dos Resultados Obtidos</b>	<b>23</b>
13.1- Modelo Digital de Elevação	23
13.2- Mapa Hipsométrico	25
13.3- Relevo Sombreado	26
13.4- Mapa de Rugosidade	27
13.5- Mapa de Declividade	28
13.6- Mapa de Orientação de Vertentes	29
<b>14- Domínios Morfométricos</b>	<b>31</b>
<b>15- Mapa Geológico</b>	<b>38</b>
<b>16- Considerações Finais</b>	<b>41</b>
<b>17- Referências Bibliográficas</b>	<b>44</b>

DOAÇÃO

IGC-USP

Data: 27/06/05



## 1- Agradecimentos

Agradeço a todas as cervejas e cachaças que tornaram possível a realização deste trabalho, e assim a todos aqueles que dividiram comigo durante estes anos de faculdade estes momentos etílicos.

Ao Prof.Dr. Rômulo Machado (pela oportunidade e pela paciência), aos amigos Falcon e Sagüi, a todos os membros do GeoSamba (Melado, Basei, Lesma, Zé Carlos, Chuk, Mikuim, Mineiro, etc), a minha Mãe, aos meus Irmãos (Santiago e Mariano), a Lígia (que ficou comigo nos momentos de crise existencial).

Merece uma menção especial meu “co-orientador” Guano, agradeço também ao Ninguém, a Lili, a galera da CPRM (Nolan, Silvia e Silvio), a galera do Ataque Ácido (Cofrinho e Cia), aos malucos do time de basquete da geo (Shanty, Assado, Lalas, Traveco, Esfínter, Peg, Jonas, Mamute), a Helena... Sei lá é isso aí, a todos aqueles que esqueci de mencionar, minhas sinceras desculpas (o cérebro tá meio devagar)... Que venham outros tempos, outros desafios, que se mantenham as amizades, as risadas, o samba... e que a vida se mostre... todos os dias... Valeu!!!

## 2- Resumo

Localizado na porção sul de Santa Catarina, o Domo de Lages caracteriza-se por estrutura alongada na direção N-S e distribuição concêntrica das unidades da Bacia do Paraná que afloram na região.

São aqui apresentados os resultados da análise do modelo digital de elevação (baseado nos dados da NASA) e os produtos associados, tais como: relevos sombreados, mapa de rugosidade, mapa de declividade, mapa de orientação de vertentes e mapa hipsométrico. A análise conjunta destes produtos mostra excelente correlação entre os mesmos, sendo possível caracterizar três domínios morfométricos distintos: um domínio meridional (Formações Botucatu / Pirambóia), um domínio centro-oriental e ocidental (Formações Terezina, Serra Alta, Irati e Rio do Rasto) e um domínio centro-meridional (Supergrupo Itararé, Grupo Guatá e o distrito alcalino de Lages).

Paralelamente, foi realizada uma integração cartográfica em escala 1:100.000, perfis geológicos e descrição das unidades litoestratigráficas mapeadas, além da geração de um banco de dados vinculado a um sistema SIG.



### **3- Abstract**

Located of Santa Catarina, the Lages dome is characterized by a elongated structure on N-S direction and concentric distribution of the Parana basin units that outcrops in the region.

Here are presented the results of the analysis of the digital of elevation (based on NASA data) and associated products, such as: shaded relief map, surface roughness map, slope map, aspect map and hypsometric map. The joint analysis of these products shows an excellent correlation between them, being possible to characterize three different morphometrics domains: a meridional domain (Botucatu/Piramboia Formations), a center-eastern and western domain (Terezina, Serra Alta, Irati and Rio do Rasto Formations) and a center-southern domain (Itararé Superguroup, Guata Group and the alkaline district os Lages).

At the same time, a cartographic integration in 1:100.000 scale was made, geological profiles and a description of the litostratigraphics units, beyond the generation of a data base linked to a GIS system.

### **4- Introdução**

O presente projeto faz parte de um projeto mais amplo que vem sendo desenvolvido nos últimos anos pelo Orientador na região do Domo de Lages, porção sul do Estado de Santa Catarina. A necessidade de um melhor entendimento da geometria do domo foi o que motivou a escolha deste tema como um Trabalho de Formatura, após discussões com o orientador e pessoas envolvidas em outros projetos na região.

O Domo de Lages (identificado como um dos altos estruturais da Bacia do Paraná), localizado na região centro-sul do Estado de Santa Catarina, situa-se entre as cidades de Lages, na sua parte sul, e Correia Pinto, na sua parte norte. Trata-se de uma estrutura dômica com eixo maior de orientação próxima de N-S, que expõe na sua porção central unidades mais



antigas da seqüência gonduânica da Bacia do Paraná. Estas unidades se encontram intrudidas por inúmeras intrusões alcalinas com geometria invariavelmente na forma de soleiras.

Estruturas dômicas são descritas em várias regiões da Bacia do Paraná e sua formação têm sido vinculada a processos envolvendo falhamentos, dobramentos, subsidência da bacia ou a impactos de meteoritos (Soares 1974, Hachiro *et al.* 1994, Riccomini 1995,).

O trabalho foi realizado a partir da atualização cartográfica que vem sendo desenvolvida na escala 1:25.000 na região, desde 2002. Esta atualização cartográfica foi integrada em um mapa geológico disponível sobre a região em escala 1:100.000 (Scheibe 1986). Em seguida foi gerada uma base cartográfica georreferenciada vinculada a um banco de dados SIG (Sistemas de Informações Geográficas), onde foram e adicionados parâmetros geológicos.

Posteriormente, foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) a partir de dados disponíveis no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos -USGS (dados obtidos pela missão SRTM, realizada pela NASA) e obtido os seguintes produtos digitais: mapa de sombreamento de relevo, mapa hipsométrico, mapa de rugosidade, mapas de declividade e de orientação de vertentes. A partir destes produtos, foi confeccionado o relatório final, em forma de monografia, contendo a análise, avaliação e caracterização dos mesmos.

## **5- Objetivos**

O objetivo principal deste projeto é a geração e análise do Modelo Digital de Elevação (MDE) e de produtos associados ao mesmo (mapa de sombreamento, mapa de rugosidade, mapa de declividade e mapas hipsométrico e de orientação de vertentes), juntamente com uma base cartográfica atualizada (a partir de informações geológicas obtidas no campo), visando aprofundar o conhecimento sobre a estrutura dômica da região Lages, SC.

## **6- Justificativas**

A realização deste projeto justifica-se tanto pelo lado científico quanto pelo lado econômico. No primeiro caso pela importância que este tipo de estrutura representa na evolução tectônica da Bacia do Paraná e pela escassez de estudos disponível sobre as mesmas. No segundo caso pela sua importância prática como potencial armadilha estrutural para petróleo e gás, e de representar uma das áreas de recarga do aquífero Guarani. Além disso, não foram realizados ainda trabalhos com este tipo de enfoque sobre a região do Domo de Lages.



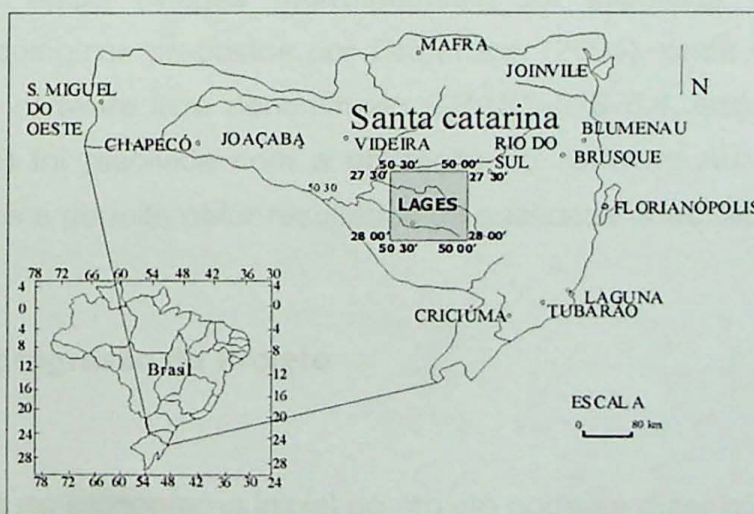
A geração do modelo digital de elevação do domo e dos produtos apresentados pelo projeto permitirá não apenas uma visualização do mesmo como um melhor entendimento de sua importância como potencial armadilha estrutural e os principais pontos de recarga do aquífero guarani na região.

Outro aspecto a ser considerado é a importância que este tipo de estrutura representa como potencial alvo para estocagem de gás, conforme pode ser verificado a partir de recentes projetos que têm sido realizados pela Petrobrás em parceria com universidades e empresas (IPT), em estruturas similares na Bacia do Paraná.

A escolha da área foi definida tanto pelo acompanhamento dos trabalhos de cartografia geológica que vêm sendo desenvolvidos na região do Domo de Lages pelo Orientador como pelo apoio logístico colocado à disposição do projeto pela Prefeitura do Município de Lages.

## 7- Localização da Área e acessos

A área abrange a folha Lages (1:100.000), estado de Santa Catarina, na sua porção centro-sul. No contexto geológico da Bacia do Paraná, a área situa-se na borda leste da bacia, e contém a estrutura conhecida como "Domo de Lages". Até o momento, o mapeamento em escala de semidetalhe (escala de 1:25.000) encontra-se detalhado principalmente na porção sul do referido domo, e cobre aproximadamente 60% da folha Lages, razão pela qual foi necessária a integração dos dados disponíveis do projeto no mapa geológico em escala 1:100.000 (Scheibe 1986).



**Fig.1.** Localização da folha Lages escala 1:100.000 no estado de Santa Catarina (modificada de Warren 2002).



A boa malha rodoviária existente na região facilita o acesso à área estudada. A partir de Curitiba, o acesso pode ser feito diretamente pela Br-116, como acesso norte da cidade de Lages, e também a partir de Porto Alegre, pelo acesso sul da cidade, a qual fica eqüidistante das duas capitais. O acesso pode ainda ser feito a partir de Florianópolis, seguindo-se diretamente pela Br 282 até Lages, que dista cerca de 180 km da capital catarinense.

## **8- Desenvolvimento do Trabalho**

Foram realizadas duas etapas de campo com objetivo tanto de ampliar as informações cartográficas disponíveis sobre a região quanto de coletar dados adicionais sobre as unidades geológicas que afloram na região, visando enriquecer o banco de dados do projeto.

Apesar da greve que atingiu a Universidade de São Paulo, no final do primeiro semestre de 2004, o trabalho foi pouco prejudicado no tocante à sua proposta inicial, pois as atividades de campo previstas para serem realizadas durante o mês de julho, foram realizadas no início do mês de novembro, minimizando assim os prejuízos relativos ao projeto original.

A partir do tratamento e análise dos dados obtidos foi possível gerar vários produtos digitais que possibilitaram aprofundar o conhecimento sobre a estrutura dômica da região de Lages, SC.

Durante o trabalho, deparou-se com dificuldades relacionadas com a confecção dos mapas morfométricos (rugosidade, declividade e orientação de vertentes) e o georreferenciamento de vetores. A primeira etapa (mapas morfométricos) foi superada com a utilização dos procedimentos metodológicos propostos por Grohmann (2004), onde o autor descreve o um método que utiliza o *software* livre denominado *GRASS-GIS 5.4*, enquanto a segunda etapa (georreferenciamento) foi resolvida com a utilização do *software Auto Cad Map 2000*, cuja manipulação é simples e permite obter resultados de qualidade adequada.

## **9- Avaliação do progresso do Projeto**

A partir da análise do cronograma inicial do projeto pode-se dizer que os resultados obtidos foram muito satisfatórios. Foram realizadas duas etapas de campo e sistematizados os dados obtidos (com a confecção do banco de dados do projeto geral), geração do MDE e obtenção e



análise de vários produtos digitais (mapa de sombreamento de relevo, mapa hipsométrico, mapa de rugosidade, mapas de declividade e de orientação de vertentes).

A partir da análise dos dados obtidos, além da geração dos produtos acima mencionados, foram evidenciados vários aspectos que salientam a estrutura dômica e permitem separar três compartimentos morfométricos com características distintas.

Contudo, o curto espaço de tempo disponível para a preparação do relatório final do projeto prejudicou um pouco o refinamento dos produtos obtidos e uma análise mais aprofundada dos mesmos.

## **10- Fundamentação Bibliográfica**

### **10.1- A Bacia do Paraná**

A bacia do rio Paraná localiza-se quase que integralmente entre os paralelos 2º e 18º de latitude sul e os meridianos 46º e 56º de longitude oeste. Abrange no Brasil os territórios dos Estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e partes dos territórios de Minas Gerais e Goiás. A bacia possui formato alongado na direção NNE-SSO (1.750 km de comprimento) com uma largura média de 900 km.

Trata-se de uma bacia sedimentar, intracratônica ou sinéclise, que evoluiu sobre a Plataforma Sul-Americana, e cuja formação teve início há cerca de 400 milhões de anos, no Período Devoniano, tendo evoluído até o Cretáceo.

A persistente subsidência na área de formação da bacia, embora de caráter oscilatório, possibilitou a acumulação de grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e *sills* de diabásio, ultrapassando esta espessura 5.000 metros na sua porção mais profunda.

Apesar de ter sido muito discutido na literatura os possíveis mecanismos envolvidos na origem e evolução da Bacia do Paraná, não existe ainda um consenso entre os pesquisadores quanto à sua origem. Alguns evocam a existência de extensas deformações estruturais tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, classificando estas estruturas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos.



## 10.2- Arcabouço Estrutural e Tectônico da Bacia

Para Zalán et al. (1990), o arcabouço estrutural da bacia é definido por elementos estruturais de direção NW-SE, caracterizados por zonas retilíneas, formando muitas vezes extensas zonas de falhas, onde se encontram alojados diques de rochas básicas. Embora estes autores evoquem evidências sugestivas da reativação de lineamentos mais antigos de idade Brasileira, a origem dessas estruturas é uma questão ainda em aberta.

Além de fraturas e falhas, a estrutura da bacia é caracterizada por altos estruturais, referidos como arcos e domos, tais como o Arco de Ponta Grossa, Arco do Rio Grande, Sinclinal de Torres, Domo de Pitanga, Domo de Vargeão, Domo de Piratininga, Domo de Lages, dentre outros.

Para Ricomini (1995), os falhamentos transcorrentes, juntamente com significativos soerguimentos, seriam as estruturas responsáveis pela formação de algumas dessas estruturas como os domos de Pitanga, Jacu e Carlota Prenz.

Existem diversos modelos propostos na literatura para explicar a formação desses domos na bacia. Um dos modelos é relacionado à falhas indiferenciadas, dobras (ou ambos) e subsidência da bacia como um todo (Soares 1974). Um outro modelo associa a gênese dos domos a impactos de meteoritos (Hachiro et al. 1994). Este modelo explicaria parcialmente a formação dos domos de Vargeão (SC), Cerro Jarau (RS) e Piratininga (SP).

A identificação das direções estruturais NW-SE no embasamento da bacia é um outro ponto controverso. Essas estruturas, predominantes na região do Arco de Ponta Grossa, ocorrem seccionando transversalmente a faixa móvel Ribeira, de direção NE-SW, que conjuga as rochas do embasamento dessa região.

As estruturas dômicas foram ativas somente no Mesozóico. O Alinhamento de Guapiara destaca-se como sendo um dos principais elementos controladores da sedimentação da bacia, e é bem definido na região do Arco de Ponta Grossa, onde se posiciona como o limite setentrional do mesmo. O alinhamento do Guapiara atuou como uma feição positiva separando, durante o Devoniano, os depocentros Alto do Garças e Apucarana.

Recentes trabalhos de análise tectono-estrutural realizados em segmentos da Faixa Móvel Ribeira têm demonstrado a existência de estruturas NW em rochas do embasamento da bacia, assim como estruturas com direção NE-SE nos Cinturões Ribeira e Dom Feliciano, que se estendem por baixo da mesma. Alguns autores têm enfatizado também na parte norte-ocidental da bacia a continuação de estruturas próximas de N-S do Cinturão Paraguai-Araguaia e do Lineamento Transbrasiliiano, cuja extensão é superior a 2700 Km. Tais estruturas, de idade



Brasiliense, teriam sido reativadas em várias ocasiões entre o Paleozóico e o Cretáceo, respondendo assim por muitas das deformações encontradas nas unidades da bacia.

### 10.3- O Domo de Lages

Existem poucos trabalhos na literatura com abordagem tectônica sobre o Domo de Lages. O domo apresenta uma área de aproximadamente 2.100 km<sup>2</sup>, e expõe rochas mais antigas da Bacia do Paraná na sua porção central e rochas mais jovens nos seus flancos (Formações Serra Geral e Pirambóia/Botucatu), exibindo assim uma distribuição concêntrica das suas unidades. Este arranjo faz com que basaltos da Formação Serra Geral, e rochas do Grupo Itararé, aflorem na mesma cota topográfica na região (Scheibe 1980 e 1986).

Loczy (1966) define o Domo de Lages como um domo vulcânico, do tipo perfurante, com formato circular, onde as camadas do Super Grupo Tubarão teriam sofrido uma elevação da ordem de 1100 a 1200 m.

A porção central é representada pela Serra do Tributo (1220 m), e por duas serras de direção N-S (1060 a 1100 m), constituídas de rochas alcalinas extrusivas, que definem uma zona de 29 km de comprimento e de 7 a 12 km de largura. Próximo ao centro do domo, o mergulho dos estratos sedimentares varia de 5 a 24°, dirigidos sempre para fora da estrutura.

Na parte central da estrutura, a cobertura sedimentar encontra-se intensamente fraturada e falhada com presença de falhas de empurrão primitivas exibindo simetria radial e concêntrica em relação à estrutura central (Loczy, *op. cit.*).

As rochas alcalinas, juntamente com os sedimentos carboníferos, teriam quase perfurado as camadas permianas do grupo Passa Dois. Com base em observações de campo, Loczy concluiu que a fase efusiva inicial com o extravasamento do magma alcalino foi posterior a deposição do Membro Morro Pelado (Fm Rio do Rastro) e anterior a deposição da Fm Botucatu. Uma observação que subsidiaria esta conclusão é o fato das escarpas das formações Botucatu e Serra Geral circundarem a zona central do domo. Isto é considerado como um indicativo de que um domo primordial já existia antes da deposição dos arenitos e dos derrames.

As rochas alcalinas da região de Lages foram estudadas também por Scheibe (1980 e 1986), que as denominou de rochas alcalinas leucocráticas (fonólitos, analcima traquitos e nefelina sienitos), rochas ultrabásicas alcalinas (olivina melilitos e lamprófios geralmente na forma de diques), além de carbonatitos, kimberlitos e brechas de chaminé, compondo o então denominado "Distrito Alcalino de Lages".



Dados geocronológicos obtidos pelo método K/Ar indicam idades mínimas de cerca de 63 Ma e máximas de cerca de 78 Ma para estas rochas (Scheibe 1985 e 1986). Análises semelhantes foram feitas pelo método Rb/Sr, obtendo-se uma idade isocrônica de  $81 \pm 8$  Ma.

Almeida (1983) considera a possibilidade da intrusão de Lages estar associada à reativação de falhas tardibrasilianas situadas ao sul de Santa Catarina e ressalta o fato de que o Domo de Lages encontra-se localizado na região de inflexão entre duas importantes estruturas tectônicas: o Arco de Ponta Grossa e o Sinclinal de Torres.

## 11- Materiais e Métodos

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto envolveu basicamente quatro etapas: (1ª.) cartografia e sistematização dos dados referente à área de pesquisa; (2ª.) aquisição e preparação da base cartográfica e geológica georreferenciada em escala 1:100.00 e construção do banco de dados SIG (Sistemas de Informações Geográficas); (3ª.) geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) e produtos associados relativos à área do domo e, (4ª.) análise e integração dos dados.

A primeira etapa consistiu na geração de dados cartográficos adicionais sobre o domo e sistematização dos mesmos com as informações já disponíveis. Nesta etapa foram realizadas duas atividades de campo, uma de 10 dias, realizada em fevereiro, e outra, de 7 dias, realizada em novembro deste ano. Paralelamente, foram realizadas interpretações de fotos aéreas visando auxiliar na melhor definição dos contatos entre as unidades. Foram elaborados também perfis de campo N-S e E-W, que serviram de base para caracterizar a geometria das unidades e subsidiar a análise da estrutura do Domo de Lages.

Na segunda etapa foi feita o georreferenciamento da base cartográfica do projeto em escala 1:100.000. Esta base georreferenciada foi vinculada a um banco de dados em SIG (usando como opção o *software* Arcview 8.3) e sistematizada uma base de dados que permite maior agilidade na consulta e visualização dos dados do projeto (como também servirá para o projeto geral que está sendo desenvolvido na região).

As informações inseridas no banco de dados são referentes aos elementos geológicos observados, tais como: Litologia, Unidade, Estruturas, Acamamento, Lineações, Foliações, Falhas e Juntas. Esta etapa do projeto foi fortemente prejudicada pela greve que afetou o Instituto de Geociência da USP durante o mês de julho, razão pela qual foi alterado o cronograma da segunda atividade de campo, prejudicando assim a finalização do banco de dados do projeto.



A terceira etapa, que envolveu a geração do MDE da área do domo, foi acompanhada pelo desenvolvimento das seguintes atividades:

I- *Download* de dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), realizada pela NASA, a partir do *site* do USGS [1], no formato BIL, com resolução espacial de 90m.

II- Recorte da área estudada (folha Lages) da imagem obtida utilizando o *software Global Mapper v 6.01* [2], cuja plataforma tem a capacidade de ler e exportar arquivos em diversos formatos (lê no formato Bil e exporta no formato suportado pelo *software Surfer 8.0*).

III- Utilização dos *software SURFER 8.0* [3] e *Global Mapper v 6.01* para simulação do MDE.

IV- A partir do MDE foram obtidos, utilizando-se o *software SURFER 8.0*, os modelos de relevo sombreados (iluminação em 5 direções: Norte, N 45° E, N 45° W, Leste e Oeste, com inclinação solar de 45°, respectivamente) e o mapa hipsométrico da área.

V- Com base nas técnicas de geoprocessamento descritas por Grohmann (2004), foi utilizado o *software livre GRASS-GIS 5.4* [4] para o desenvolvimento dos mapas morfométricos (de declividade, rugosidade e orientação de vertentes).

VI- Com o *software Global Mapper v 6.01* foram simulados os mapas obtidos (rugosidade, declividade, orientação de vertente) e sobrepostos no MDE.

Será apresentada abaixo a descrição da metodologia relativa aos produtos gerados a partir do *software Surfer 8.0*, desenvolvidos pela empresa *Golden Software*, e do *software Global Mapper v 6.01*, desenvolvido pela empresa *Global Mapper Software LLC designs*,.

O MDE foi simulado no *Surfer* com base na ferramenta *3D Surface* e no *Global Mapper* através da ferramenta *3D view* (onde também foi possível sobrepor mapas georeferenciados ao MDE). Tais recursos permitem, a partir de coordenadas X,Y e Z, visualizar a topografia, em 3 dimensões, da área. O exagero vertical do MDT é estipulado dentro das propriedades da própria ferramenta (no caso foi utilizado exagero vertical de 8 vezes).

Na plataforma *Surfer*, a ferramenta *Contour Map* gera, com base nos dados da NASA, as curvas de nível da região. Os recursos desta ferramenta permitem obter o mapa Hipsométrico, a partir da escolha de cores associadas a cada intervalo altimétrico selecionado. Já o relevo sombreado é gerado a partir da interpolação de dados usando a ferramenta *Shaded Relief Map* (também no *software Surfer*). Nas propriedades desta ferramenta é possível controlar tanto a inclinação como a orientação solar, sendo, portanto, possível gerar diversas imagens, com



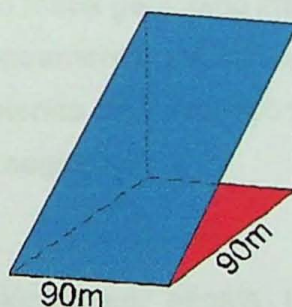
diferentes inclinações e orientações, permitindo assim destacar as estruturas presentes na área estudada.

### *A Utilização do Software GRASS-GIS*

Os mapas de rugosidade, declividade e orientação de vertentes foram baseados na metodologia desenvolvida por Grohmann (2004) a partir da utilização do software livre *GRASS-GIS 5.4*, que prevê um ambiente integrado de análise *raster* e vetorial, processamento de imagens e criação de mapas e gráficos. O programa utiliza uma análise estatística baseada na linguagem R [5] através de uma interface com o *GRASS*, que permite o tratamento e análise das variáveis utilizadas.

Para o cálculo dos valores lançados nos mapas morfométricos, dividiu-se a área em células e obteve-se o *grid* relativo à área estudada. Em termos do projeto, as células possuem dimensões de 90mx90m (valor decorrente da resolução espacial da imagem obtida).

O mapa de rugosidade é calculado a partir da operação entre a área planar e a área real de células. O método utilizado considera a forma e a área ocupada pela célula real, e não a altitude relativa às mesmas.

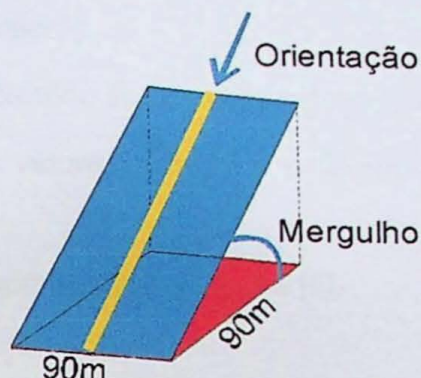


**Fig.2.** Relação da área planar (vermelha) com a área real (azul) das células pré-definidas para análise.

No caso do mapa de declividade, o fator que o diferencia do mapa de rugosidade corresponde às direções entre vetores (e não de áreas) e a operação realizada consiste no cálculo do ângulo formado entre eles. Neste caso, o valor calculado para cada célula é baseado no seu ângulo de mergulho máximo.

O mapa de orientação de vertentes simplesmente sistematiza e classifica as vertentes analisadas a partir no MDE baseado na orientação da célula analisada.





**Fig.3.** Relação de orientação e mergulho máximo entre a célula planar (vermelha) e a célula real (azul)

A análise dos mapas morfométricos visa identificar estruturas relacionadas com a configuração atual da paisagem e, desta forma, juntamente com os demais produtos obtidos permite uma melhor caracterização e entendimento da região estudada.

#### *O Mapa Geológico Associado a um Sistema SIG*

Como produto final é apresentado o mapa geológico integrado (atualizando o mapa da folha Lages 1:100.000 com os dados do mapeamento geológico na escala 1:25.000) vinculado a um banco de dados georreferenciado contendo as informações geológicas até então disponíveis. Os procedimentos utilizados foram os seguintes.

- I- Escaneamento do mapa geológico em escala 1:100.000 de Scheibe (1986), com resolução de 300 DPIs, P/B.
- II- Vetorização do Mapa utilizando *software* de edição gráfica *Corel Draw 9.0* [6].
- III- Finalização do banco de dados a ser vinculado ao projeto.
- IV- Georreferenciamento dos vetores utilizando a ferramenta *Rubber Sheet* do *software Auto Cad Map 2000* [7].
- V- *Download* a partir do site do IBGE [8] da carta topográfica vetorizada e georreferenciada da área estudada (Folha Lages 1:100.000).
- VI- Impressão do mapa de pontos contendo litologias, contatos, acamamento e topografia, além dos contatos propostos por Scheibe (1986).



VII-Confecção do mapa e dos perfis.

VIII- Vetorização do Mapa utilizando *software* de edição gráfica Corel Draw 9.0.

IX- Georreferenciamento dos vetores utilizando a ferramenta *Rubber Sheet* do *software* *Auto Cad Map 2000*.

X- Integração dos dados no *software* *ArcView 8.3* [9].

Finalmente, foi elaborada a monografia do Trabalho de Formatura contendo texto com as descrições e interpretações, além das figuras e mapas gerados durante o desenvolvimento do projeto.

## **12- Unidades Litoestratigráficas**

As unidades litoestratigráficas identificadas na área mapeada foram (da base para o topo): Super Grupo Itararé, Grupo Guatá (Fm Rio Bonito, Fm Palermo), Formações Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto, Pirambóia/Botucatu, Serra Geral e os sedimentos fluviais terciários (Warren 2002), além de rochas sub-vulcânicas de composição alcalina, básica, ultrabásica e carbonatitos, que integram o chamado distrito alcalino de Lages (Scheibe 1986). Tais rochas caracterizam-se como sendo corpos de natureza ígnea, com geometria concordante (*sills*) e discordante (diques, *plugs* e diatremas), em contato com as unidades paleozóicas e mesozóicas expostas na área mapeada.

### **12.1- Supergrupo Itararé (Carbonífero – Permiano)**

Na base da coluna estratigráfica apresentada está o Supergrupo Itararé, que, apesar de sua grande expressão na área, aflora em uma região de difícil acesso e pouco servida de estradas, razão pela qual é feita uma descrição bastante resumida desta unidade. Para definir a geometria da unidade em mapa foram utilizados os dados obtidos no projeto e integrado no mapa em escala de 1:100.000 disponível sobre a região de Lages (Folha Lages 1:100.000, Scheibe 1986).

Nos afloramentos estudados, o Super Grupo Itararé se apresenta como camadas essencialmente tabulares, decamétricas de ritmitos contendo intercalação de lâminas milimétricas de siltitos/argilitos e arenitos finos, ocasionalmente com laminação cruzada por



corrente, contendo grânulos e seixos esparsos (milimétricos a centimétricos), dispersos entre as lâminas, sugerindo corresponder a *Dropstones* inclusos em geleiras e fragmentos de gelo depositados em lagos nos períodos de degelo, conforme sugerido pela associação de camadas de arenitos finos.

Os níveis de areia foram interpretados como sendo depósitos hiperpicnais a partir de desembocaduras de rios de degelo em épocas mais quentes (densidade da água de entrada maior do que a do corpo receptor), semelhantes a depósitos associados a correntes de turbidez. Por outro lado, as lâminas de argila/silte são interpretadas como depositadas durante o período de congelamento da lâmina d'água e estagnação com decantação de material fino e argiloso.

## **12.2- Grupo Guatá (Permiano)**

De forma análoga ao que aconteceu com a unidade anterior, houve dificuldades na delimitação do Grupo Guatá, pois a pouca densidade de informações disponíveis sobre este grupo dificultou consideravelmente a sua delimitação em mapa. Em função disto, não foi possível também separar em mapa as suas duas formações (Rio Bonito e Palermo), apesar das observações de campo indicarem que seria possível a distinção entre as mesmas, caso o mapeamento estivesse em fase mais adiantada. A seguir, são feitas as descrições relativas a estas formações com base nos dados levantados em campo.

## **12.3- Fm. Rio do Bonito (Eopermiano)**

Descrita como um ambiente deltáico, caracterizado por barras de desembocadura, baías interdistributárias com pântanos costeiros, canais distributários e depósitos de *crevasse splay* (França & Caldas, 1983), a formação apresenta um contato transicional tanto na base (Supergrupo Itararé) quanto no topo (Membro Palermo).

A unidade é caracterizada principalmente por camadas tabulares, métricas, contínuas em escala de afloramento. Observam-se arenitos finos, bem selecionados, com laminação cruzada (formada por corrente e onda) e plano-paralela. Ocorre comumente no topo destes corpos e geralmente associados à presença de estratificação cruzada *hummocky* (em alguns níveis associados a séries com laminação cruzada) uma fácies heterolítica, sugerindo que algumas destas camadas possam se tratar de verdadeiros tempestitos. A intercalação destas camadas com níveis tabulares espessos de siltitos laminados e folhelhos escuros intensamente



bioturbados atestam o caráter pontuado da sedimentação dos níveis de tempestitos, já que os níveis pelíticos representam o dia-dia da sedimentação.

São descritos também níveis lenticularizados de grande porte compostos por arenito fino com estratificação cruzada acanalada. Estes lobos ainda apresentam as fácies arenitos maciços (com feições de fluidificação), arenitos com laminação plano paralela e arenitos com laminações cruzadas tabulares e acanaladas de pequena porte.

Em alguns afloramentos, entre as camadas de arenitos acima descritos, intercalam-se níveis decimétricos tabulares de folhelhos negros (descritos em algumas regiões como um nível de carvão), onde é possível observar fragmentos de vegetais fósseis não identificáveis. A presença de carvão evidencia o desenvolvimento exuberante de vegetação nas porções marginais deste corpo, bem como nas regiões ocasionalmente alagadas das baías interdistributárias.

#### **12.4- Fm. Palermo (Neopermiano)**

Descrita como um ambiente marinho transgressivo (França & Caldas, 1983), a Fm. Palermo se apresenta relativamente monótona em campo, sendo constituída basicamente por siltitos esverdeados com intensa bioturbação (icnofósseis não foram identificados), maciços ou com laminação plano paralela e alguns níveis de arenitos finos (bem selecionados).

A Fm. Palermo apresenta contato transicional tanto na base (com a Fm. Rio Bonito) como no topo (com a Fm. Serra Alta).

#### **12.5- Fm. Serra Alta (Neopermiano)**

Na área mapeada, a Fm. Serra Alta ocorre predominantemente na forma de níveis métricos de folhelhos negros, intercalados com lâminas de siltitos de cor cinza escura. É comum neste unidade a presença de estruturas sedimentares tipo *climbing ripples* (subcentimétricas, associadas a estruturas heterolíticas, predominantemente tipo “flaser”). Observam-se ainda níveis de argilito preto (centimétricos), aparentemente sem estruturas sedimentares, sugerindo uma provável presença de intensa bioturbação (evidenciada por tubos milimétricos bifurcados e preenchidos por material siltico de cor esbranquiçada). Outra observação importante é a presença de camadas carbonáticas delgadas (centimétricas) de composição calcítica, de cor cinza clara, contendo sulfetos disseminados (Warren 2002).



Outro aspecto importante nesta unidade é a presença de um nível fossilífero observado na base dos folhelhos, contendo fragmentos fósseis de até 1,5cm (no eixo maior), descritos como escamas, dentes e fragmentos de conchas de bivalves não diferenciáveis. Este nível fossilífero corresponde à base erosiva da unidade (Warren 2002).

A unidade possui contatos gradacionais, tanto na base quanto no topo, e apresenta níveis contendo concreções calcíferas nodulares, centimétricas, associadas com corpos carbonáticos discordantes, também centimétricos, em contato discordante com as demais litologias do pacote.

#### **12.6- Fm. Teresina (Neopermiano)**

Caracterizada por contato gradacional tanto no topo (Fm. Rio do Rasto, Membro Serrinha) quanto na base (Fm. Serra Alta), a unidade é representada principalmente por siltitos amarelo-creme, laminados (de espessura centimétrica a subcentimétrica), alternados com níveis de folhelhos cinza-claro com lentes centimétricas de arenito fino (amarelado).

Caracterizada como uma unidade depositada em ambiente tipicamente marinho raso, com influência de correntes de maré e processos de decantação (Fúlfaro 1971), a Fm Terezina apresenta fósseis vegetais que indicam também certa influência fluvial e proximidade com uma paleocosta. Isto também é reforçado pela possível origem clástica dos carbonatos observados (Warren 2002), que se alternam com os níveis de folhelhos cinza-escuros e também podem estar relacionados com proximidade da borda da bacia, onde um clima mais seco favoreceria a deposição dos carbonatos. Isto permite supor a existência de uma certa alternância climática, pois um clima mais úmido favoreceria a deposição dos folhelhos.

#### **12.7- Fm. Rio do Rasto (Permiano Superior – Triássico)**

Devido à escala de trabalho utilizada no mapeamento, os membros da Fm Rio do Rasto foram divididos apenas em escala de afloramento, sendo no presente trabalho englobados na mesma unidade.



## 12.8- Membro Serrinha

Corresponde à base da Fm Rio do Rasto e apresenta contato gradacional tanto no Topo (Membro Morro Pelado) como na base (Fm. Terezina). A unidade é composta basicamente por camadas tabulares de arenitos finos e siltitos esverdeados/amarelados, com estratificação plano-paralela (localmente acanalada). Observam-se ainda níveis delgados de argilito arroxado com laminação plano-paralela e alteração sub conchoidal.

Descrito por Fúlfaro (1971) como representante da transição de ambiente marinho raso da Fm Terezina para o ambiente Flúvio-Deltaico influenciado por planícies de maré do Membro Morro Pelado (Inter-maré de regiões litorâneas).

## 12.9- Membro Morro Pelado

Como já foi mencionado, o membro Morro Pelado tem contato gradacional na base (Membro Serrinha) e gradacional a erosivo no topo com a Fm Pirambóia. O membro Morro Pelado é caracterizado por camadas de arenito Fino (métrica a decimétrica, de cor bege clara), com estratificação plano-paralela e acanalada (ocasionalmente maciço), com grãos sub-arredondados a arredondados e bem selecionados. As camadas apresentam geometria tabular e lenticular/acalanada com freqüente acunhamento lateral. Nos pontos 124 e 140 foram identificadas marcas onduladas (corrente) com direção preferencial de fluxo para NE (Warren 2002).

Outro aspecto importante é a intercalação presente nos arenitos. Tratam-se de níveis de argilitos e siltitos de coloração vermelho-arroxada com laminação plano-paralela e raras estruturas heterolíticas do tipo “*flaser*”. Os argilitos apresentam coloração esbranquiçada, quando alterados, sendo comum seu aspecto “pastilhado” e por vezes apresentando fratura sub-conchoidal.

Foram descritos por Warren (2002) fósseis de caules de Esfenófito Calamites e possíveis exemplares de Paracalamites e Glossopterídeas (ponto LG-140).

O Membro Morro Pelado foi depositado em ambiente ligado provavelmente a uma fase transicional marinho/continental, com depósitos de deltas influenciados e retrabalhados por marés. Warren (no prelo), levantada a hipótese de que as camadas de arenito estão associadas a barras de desembocadura, fluxo hiperpicnal, o que explicaria o seu aspecto tabular e a sedimentação de finos (silte/argila) intercaladas em escala de afloramento.



### 12.10- Fm. Pirambóia (Triássico)

A unidade se apresenta basicamente na forma de um arenito mal selecionado (fino a grosso), grau de esfericidade baixo a médio e grau de arredondamento médio, quartzoso, de cor amarelada e alteração variável. A Formação Pirambóia é caracterizada como um deserto (de clima semi-árido), úmido e influenciado pela variação do nível do lençol freático, sendo localizado paleogeograficamente próximo à linha de costa (Giannini, 2000). É característica ainda a presença de rios sazonais que cortam freqüentemente o campo de dunas do deserto Pirambóia.

A formação apresenta contato basal ora erosivo ora gradacional, não tendo sido observado o contato com a formação Botucatu. As estruturas sedimentares observadas, como presença de estratificação cruzada acanalada/festonada em *sets* de escala métrica com ou sem bimodalidade dos grãos, níveis lenticulares conglomeráticos, decimétricos a métricos, polimíticos e monomíticos, com clastos centimétricos e matriz arenosa, interpretados como depósitos de canais fluviais, reforçam o modelo deposicional proposto por Giannini (2001). São descritas ainda camadas argilosas lenticulares com estratificação cruzada plano-paralela, exibindo por vezes estruturas de sobrecarga com areias sobrepostas, sugestivas da existência de fácies de inter-dunas úmidas em regime sub-aquoso.

### 12.11- Fm. Botucatu (Jurássico)

Diferente das areias mal selecionadas e pouco arredondadas do deserto Pirambóia, as areias do deserto Botucatu apresentam granulação média à fina, bem selecionadas, subarredondadas a bem arredondados (superfície fosca) e esfericidade média a alta. Uma característica importante é o caráter bimodal descrito na unidade (alternância milimétrica de grãos médios a finos e muito finos), que evidencia a migração de *ripples* e a queda de grãos (muito finos) na porção frontal das dunas. As areias da Formação Botucatu são predominantemente quartzosas, ocorrendo grãos de plagioclásio e feldspato de potássio (microclínio), minerais opacos, turmalina, que perfazem até 2% da rocha, demonstrando assim um empacotamento fechado e com compactação mecânica do tipo planar, contendo geralmente cimento carbonático ou silicoso e biotita preenchendo os espaços intergranulares (Warren, 2002).



O modelo deposicional considerado para a Fm. Pirambóia é a de um deserto úmido desenvolvido próximo da linha de costa, contrariamente ao modelo deposicional proposto para a Fm. Botucatu, que considera um sistema eólico afastado da linha de costa, representado, portanto, por um deserto seco, com pouca influência do nível freático, evidenciando assim uma interiorização mais avançada da bacia em relação à Fm. Pirambóia. O contato basal da unidade é aparentemente erosivo, enquanto seu contato de topo com a Fm. Serra Geral é erosivo e interdigitado, preservando assim o paleorelevo do deserto Botucatu.

#### 12.12- Fm. Serra Geral (Cretáceo)

A Fm. Serra Geral é a unidade mais expressiva, sendo constituída por derrames básicos, diques e *sills*. As rochas básicas são de coloração cinza-escura/preta e amarelo-ocre e avermelhada quando alteradas. Apresentam-se com estrutura maciça, textura afanítica a fanerítica muito fina, subofítica e intersectal, sendo comum à presença de vidro vulcânico (Warren 2002). É composto por plagioclásio ripiforme (labradorita), seguido por clinopiroxênio de composição augita/pigeonita, subeudral a eudral, e minerais opacos, anedrais e eudrais, com textura por vezes esquelética. Na região de Lages são comuns dois tipos principais de derrames: os maciços e os vesiculares ou amigdaloidais. Os primeiros são de cor escura a preta, com estrutura maciça, muito fina e afaníticos, de composição básica. Estratigraficamente, estes derrames constituem a base da unidade vulcânicas. Os últimos são de cor avermelhada, com textura vesicular e amigdaloidal, granulação mais grossa do que os anteriores, de composição intermediária, sendo ricos em minerais secundários do grupo das zeólitas e carbonatos (entre 0,5 e 10mm), denotando a presença de grande volume de fluídos nas lavas que lhe deram origem. Estas rochas vulcânicas intermediárias ocorrem estratigraficamente acima das vulcânicas básicas, e aparecem muitas vezes em contato direto com os arenitos eólicos da Formação Botucatu, sugerindo ou uma descontinuidade dos derrames básicos anteriores ou a sua erosão e recobrimento em discordância pelos derrames de composição intermediária.

Outra característica desta unidade é a ocorrência de corpos de arenito tanto como arenitos intra *traps* como diques clásticos. Na Fm. Serra Geral são observados contatos erosivos e interdigitados com os arenitos da Fm. Botucatu, demonstrando assim o modelo de derrames básicos fissurais sobre sistemas de dunas (preservando em parte a paleomorfologia) e evidenciando contemporaneidade temporal entre o início dos derrames básicos da Fm. Serra Geral e a evolução final das dunas do deserto Botucatu.



### **12.13- Fm. Terciária**

Descrita primeiramente por Warren (2002), as ocorrências desta unidade foram mapeadas em escala de semi-detálhe (1:25.000), sendo pouco visíveis na escala do mapa apresentado (1:100.000). A seção tipo do pacote foi levantada no ponto LG-23, e os contatos observados são sempre erosivos. Foram descritos corpos com forma típica de canais fluviais, basicamente depósitos conglomeráticos mal selecionados, de caráter polimítico (com seixos das Fm. Botucatu e Rio do Rasto, arredondados e subarredondados, subcentimétricos a centimétricos), localmente com clasto suportados (paraconglomerados) de matriz arenosa de granulação média a grossa, mal selecionada, com baixa esfericidade e arredondamento moderado.

São observados ainda níveis lenticulares (decimétricos a métricos) de arenitos granodecrescentes (médio a grosso) de seleção mediana, baixa esfericidade e baixo arredondamento, intercalados com argilitos avermelhados com laminação plano paralela e espessura dessimétrica.

Esta unidade representa possivelmente depósitos de ambiente fluvial de rios entrelaçados (energia média a alta, com variação representativa do gradiente hidráulico, devido à presença de sedimentos finos, em função de variações climáticas ou meandros ao longo do percurso), onde se destacam bancos de areias com a indicação de possíveis canais abandonados.

### **12.14- Corpos intrusivos alcalinos**

As rochas magmáticas do distrito alcalino de Lages (Scheibe 1986) ocorrem como corpos tabulares, de espessura decimétrica a métrica, apresentando contatos retilíneos e curvos com as rochas encaixantes.

Os diques e *sills* de fonólito apresentam estrutura maciça e textura fanerítica muito fina. Ao microscópio apresentam matriz dominada por ortoclásio idiomórfico e ripiforme (~45% da rocha), seguido por cristais de nefelina e leucita, subeudrais a eudrais (~27% da rocha), com cristais de aegirina xenomórficos e minerais opacos inclusos (~10% da rocha) (Warren 2002).

São ainda descritos lamprófiros, rochas ultrabásicas alcalinas, porfiríticas, fanerítica fina e com fenocristais centimétricos de flogopita, em geral alterados, sendo observado ainda plagioclásio, piroxênio/anfibólio, olivina e mica marrom/esverdeada, possivelmente flogopita.



### Carta estratigráfica da Bacia do Paraná

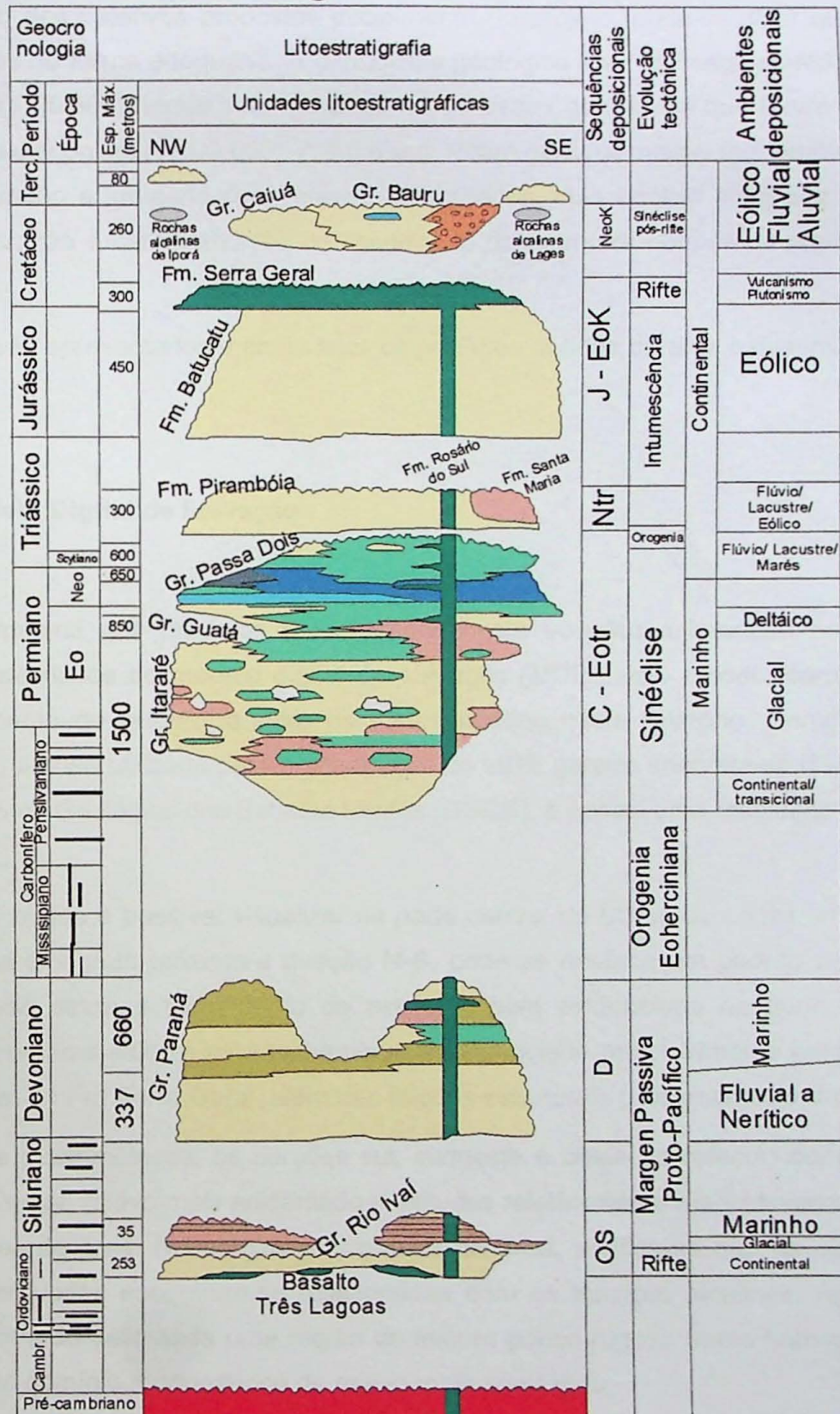


Fig.4. Coluna estratigráfica Bacia do Paraná.



### **13- Discussão dos Resultados Obtidos**

Em função dos objetivos propostos inicialmente no projeto, pode-se dizer que todos eles foram atingidos de forma adequada. A cartografia geológica teve prosseguimento na escala de semi-detálhe (1:25.000), tendo sido gerados novos dados geológicos que foram incorporados no mapa-base disponível (1:100.000). Além disso, foram gerados mapas morfométricos, modelo digital de elevação e imagens com relevos sombreados, cuja análise integrada permite uma melhor visualização e caracterização da geometria da estrutura dômica da região de Lages, SC.

A seguir, são apresentados e analisados os produtos obtidos durante o desenvolvimento do projeto.

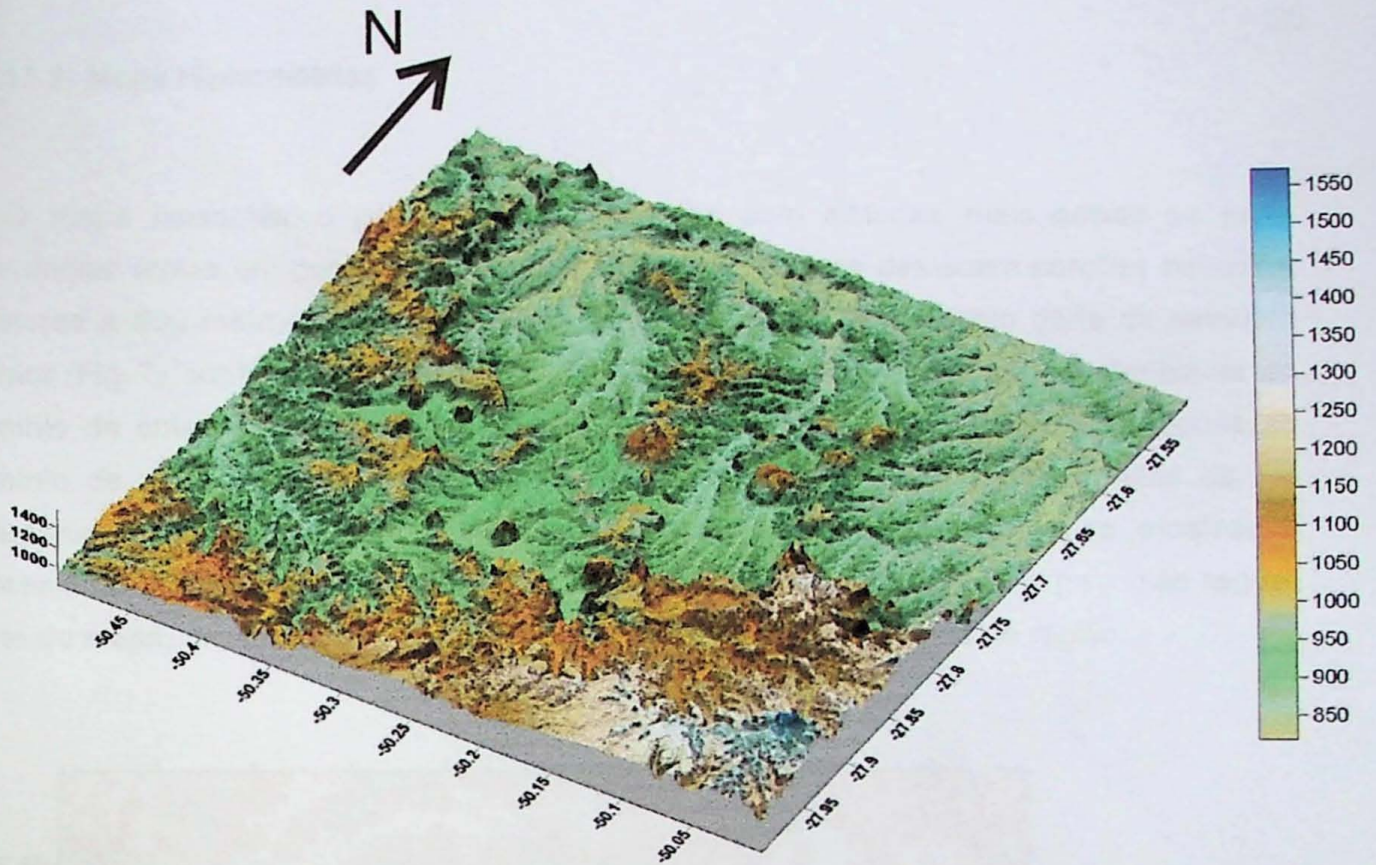
#### **13.1- Modelo Digital de Elevação**

Como a maioria dos produtos apresentados neste trabalho é baseada na análise, e interpolação, de dados do modelo digital de elevação (MDE), este modelo corresponde ao principal elemento de referência para os dados obtidos neste relatório. Como já foi dito anteriormente, a base utilizada para a construção do MDE gerado encontra-se disponibilizada no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), e possui uma resolução espacial de 90m.

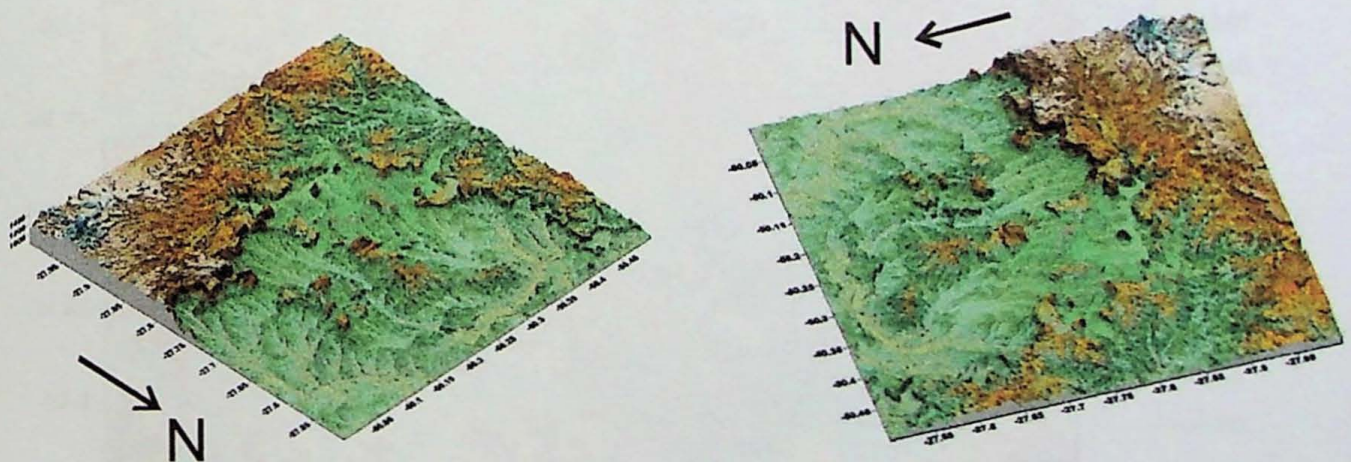
Com MDE obtido é possível visualizar na parte central do Domo de Lages uma estrutura com geometria alongada próximo à direção N-S, onde se destaca um padrão de drenagem circular. Nota-se ainda o fechamento da estrutura bem evidenciado na parte norte/leste, enquanto na porção sul/oeste este fechamento é evidenciado principalmente pelo padrão da escarpa erosiva da Fm Serra Geral, além das feições estruturais (lineamentos e drenagens).

Em termos morfométricos, as porções sul, sudoeste e oeste do referido domo possuem textura mais rugosa, relevo mais acidentado e altitudes relativamente mais elevadas do que as demais porções da área. Na porção centro-norte da área, verifica-se que as elevações de altitude mais elevadas encontram-se relacionadas com os maciços alcalinos. Ao redor dos maciços encontra-se delimitada uma região de textura pouco rugosa (mais homogênea), que corresponde ao domínio morfométrico de relevo mais suavizado.





**Fig.5.** MDE simulado a partir do software Surfer. A escala de variação de cores corresponde aos intervalos de variações de altitudes (metros).

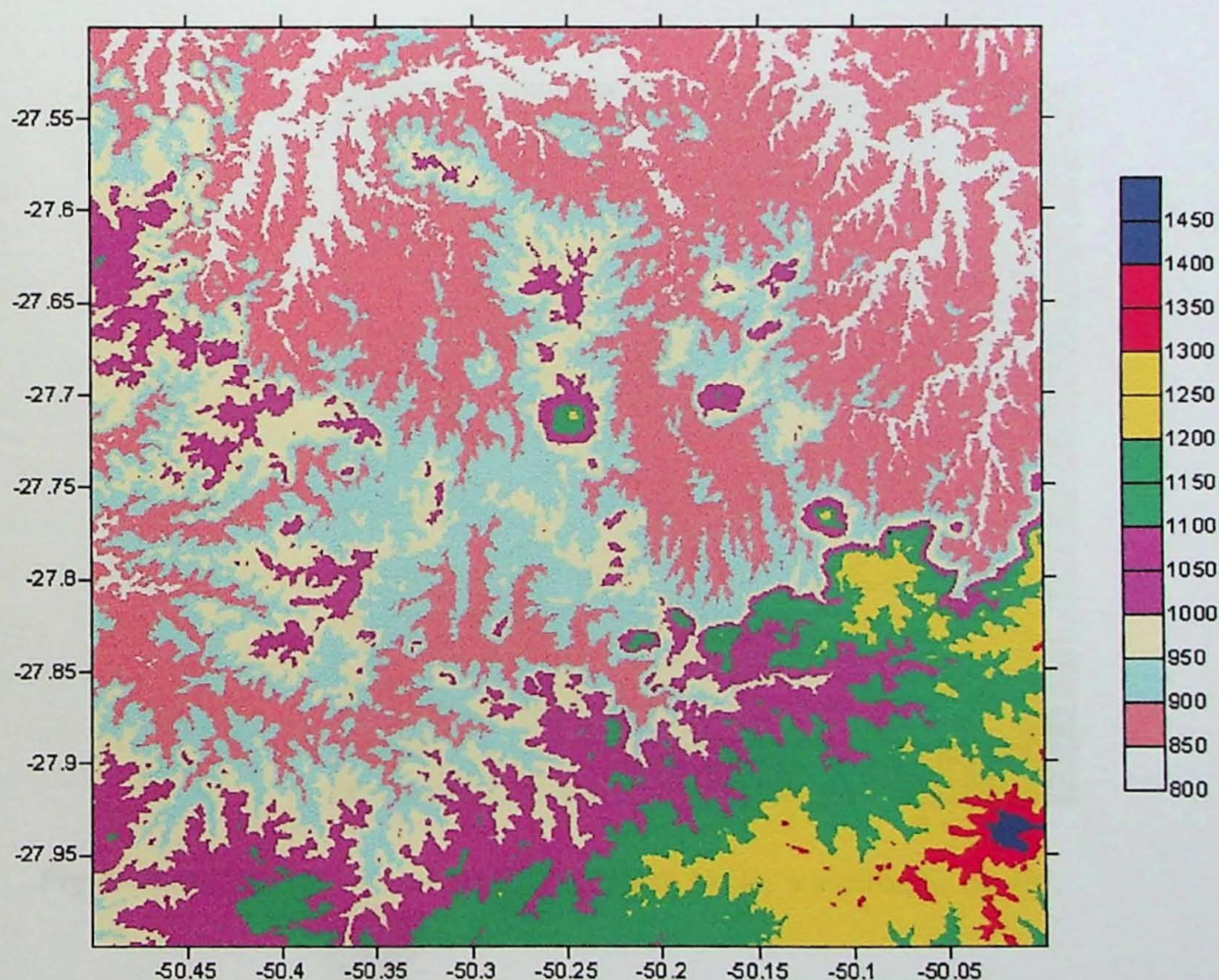


**Fig.6.** MDE simulado a partir do software Surfer.



### 13.2- Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico gerado mostra domínios com altitudes mais baixas na parte setentrional (cotas em geral inferiores a 900 metros), onde se destacam porções em cotas inferiores a 850 metros, com padrão circular, que marca o fechamento norte da estrutura dômica (Fig. 7), conforme já evidenciado no MDE. No canto sudeste do mapa, evidencia-se um domínio de cotas mais elevadas da região (acima de 1000 metros), que corresponde ao domínio de exposição das rochas vulcânicas da Fm Serra Geral e dos arenitos da Fm Botucatu/Pirambóia, os quais encontram-se aí preservados dos processos erosivos e apresentam escarpas de recuo de erosão. Nota-se ainda altitudes anômalas na região centro-norte do mapa, as quais estão ligadas as intrusões alcalinas presentes na região.

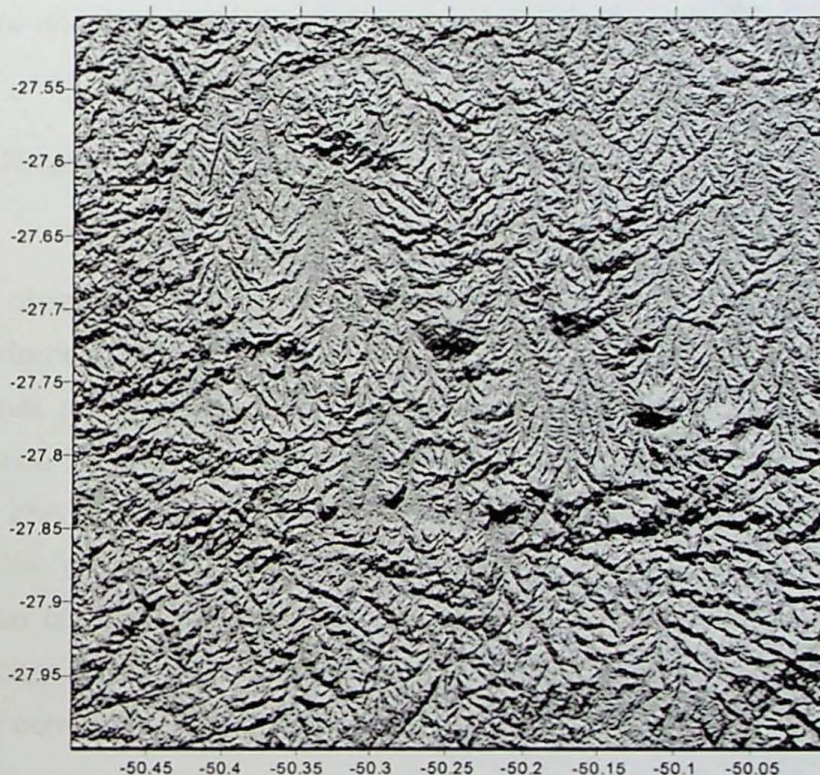


**Fig.7. MAPA HIPSOMÉTRICO**



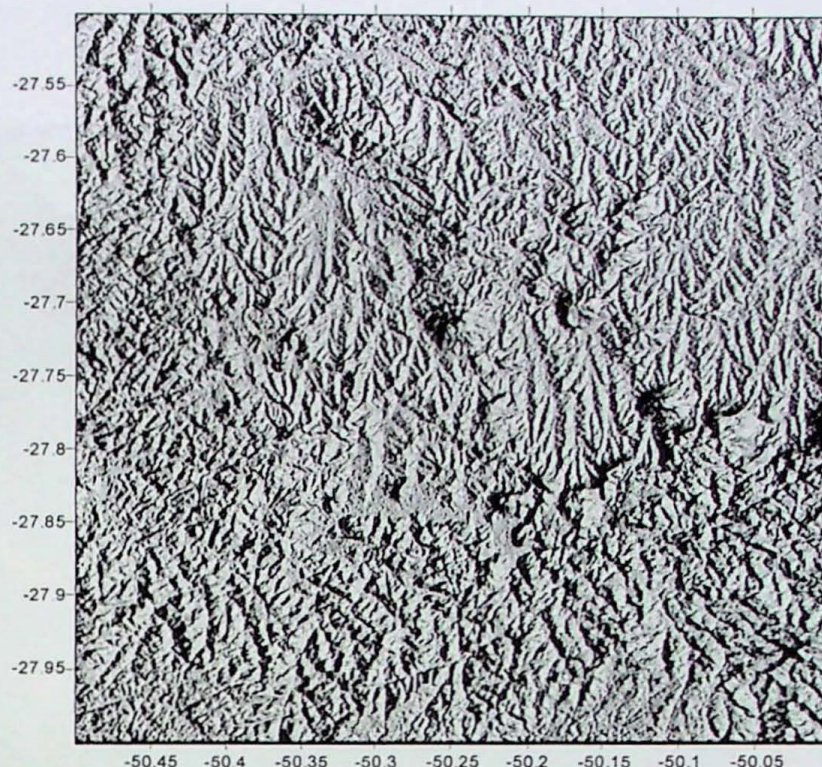
### 13.3- Relevo Sombreado

Os mapas de relevo sombreados foram simulados com a iluminação disposta em cinco direções (Norte, N45°E, N45°W, Leste e Oeste), com inclinação de 45°, onde são salientados diferentes padrões de textura relacionados com diferentes domínios morfométricos (Fig. 8). Caracterizam-se várias feições relacionadas com a estrutura dômica, com destaque nos relevos sombreados norte e leste, onde há o realce de lineamentos radiais e o fechamento da estrutura dômica. Observa-se também os diferentes padrões de texturas descritas no MDE, sendo que um desses padrões (textura rugosa) relaciona-se com o relevo mais acidentado e a litologias menos permeáveis. Nota-se um aumento na intensidade da rugosidade para sul, sudoeste e oeste, com o aparecimento de um relevo menos acidentado e litologias mais permeáveis, e a textura tornando-se mais homogênea (menos rugosa) ao redor das elevações constituídas de rochas alcalinas.



**Fig. 8.** Modelo de relevo sombreado, iluminante Norte, e inclinação de 45°.



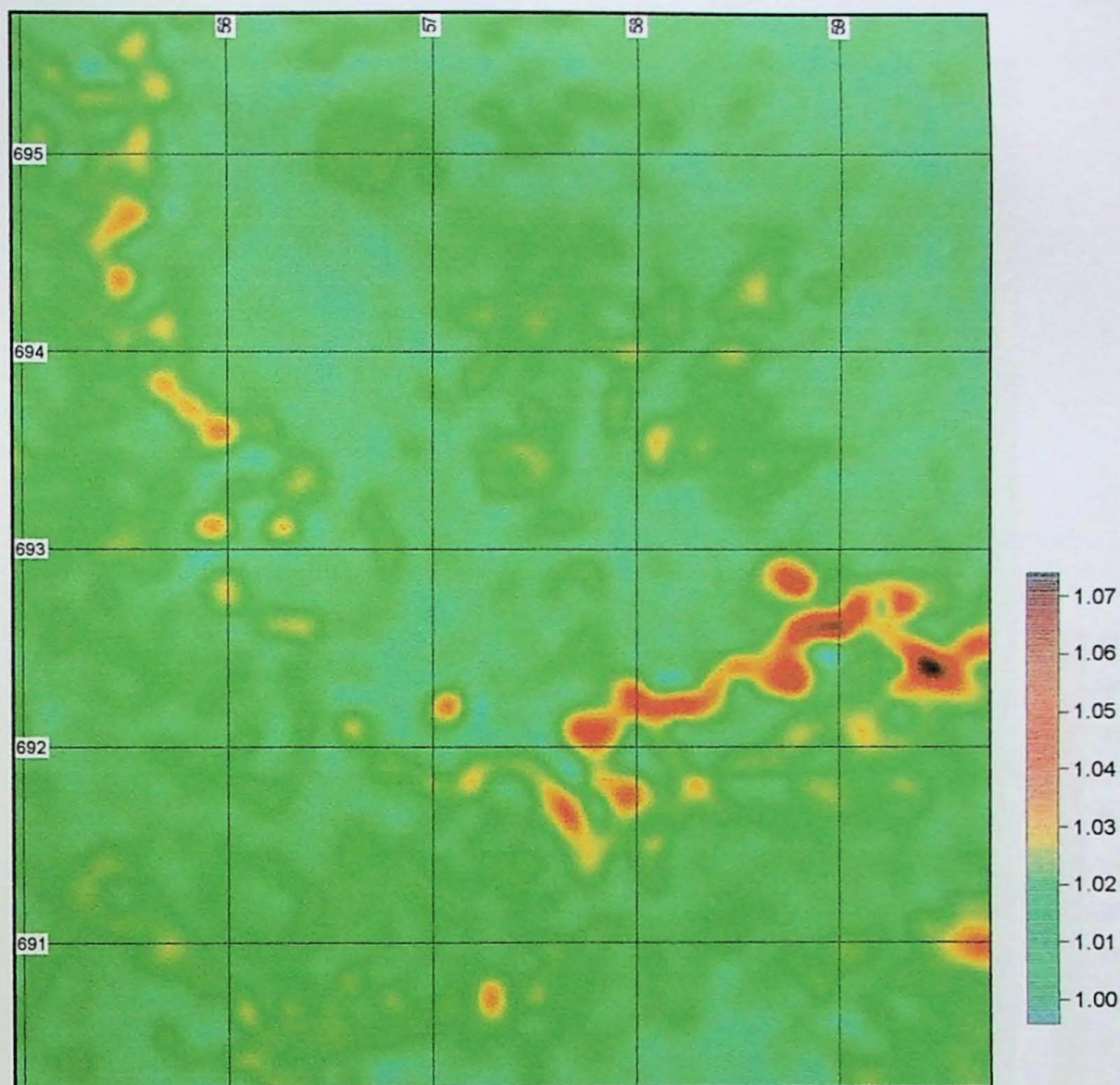


**Fig.9.** Modelo de relevo sombreado, iluminante Leste, inclinação 45°.

#### 13.4- Mapa de Rugosidade

Como pode ser observado nas figuras apresentadas, o mapa de rugosidade (Fig. 10) possui características morfométricas semelhantes aos produtos observados anteriormente. Deste modo, observa-se nas porções sul e oeste do mapa valores proporcionalmente mais elevados de rugosidade (apesar de toda área não apresentar valores muito elevados), com os valores relativamente mais elevados coincidindo com o alinhamento de escarpas existentes na região. Nas vizinhanças das elevações dos maciços alcalinos observam-se valores menores de rugosidade, que são compatíveis com a tendência mais horizontal do relevo. Nas áreas de ocorrência das rochas alcalinas destacam-se os valores mais altos ligados às mesmas, contrastando assim com as áreas vizinhas.





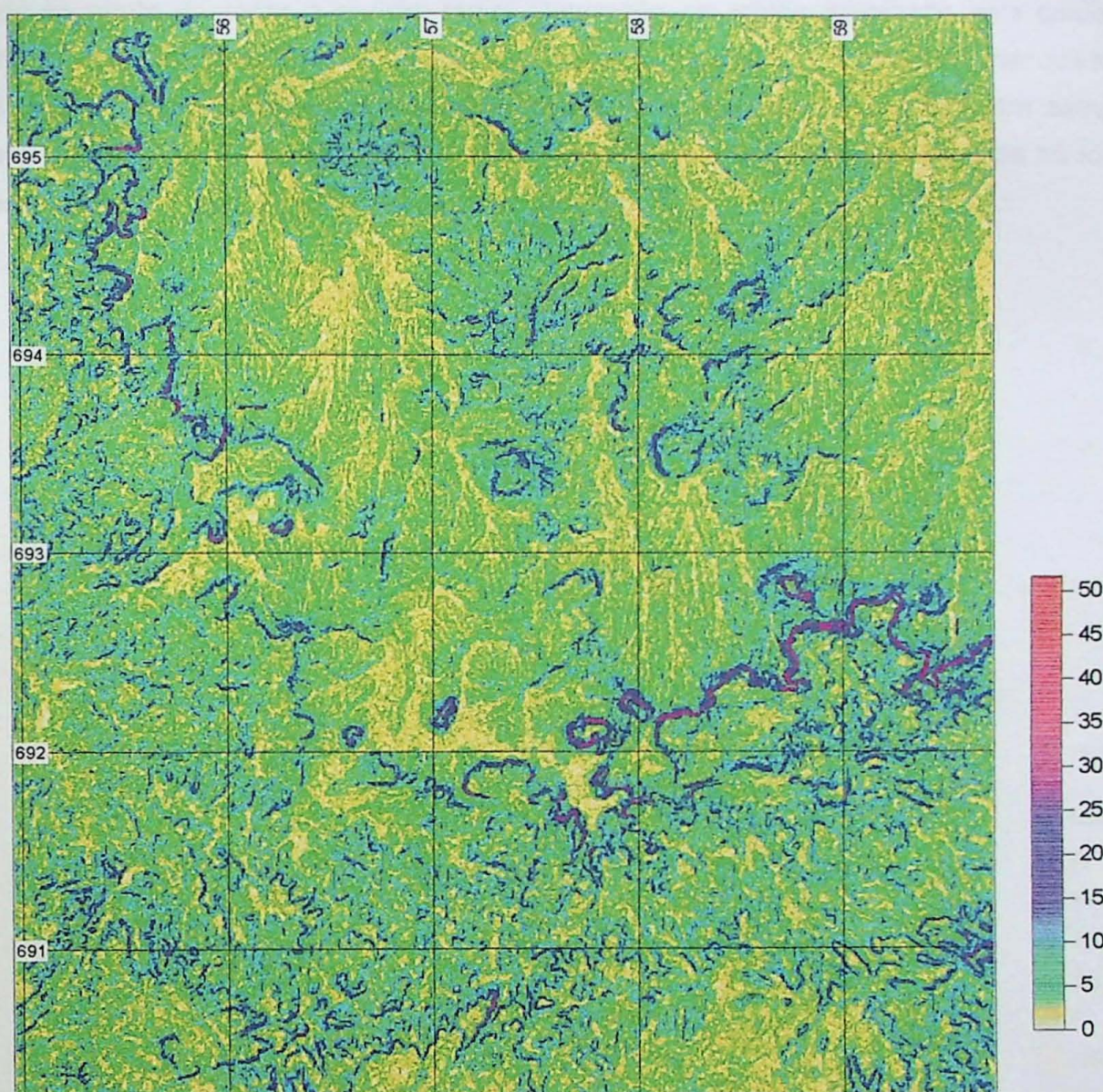
**Fig.10.** Mapa de Rugosidade

### 13.5- Mapa de Declividade

No mapa de declividade são também observadas regiões com características distintas, sendo possíveis separar vários domínios, os quais exibem correspondência com os mapas discutidos anteriormente. As porções sul, sudoeste e oeste caracterizam-se por um relevo mais acidentado, sendo marcado por uma declividade mais acentuada, porém extremamente heterogênea, com valores variando de 3° a 50° (nas escarpas). A porção setentrional do mapa é caracterizada por valores de declividade baixa e mais homogênea, situados entre 0° a 10°, traduzindo deste modo um relevo caracteristicamente mais plano e, portanto, menos



acidentado. Destaca-se ainda uma região menos homogênea na porção centro-norte do mapa com valores de declividade situados no intervalo de  $3^\circ$  a  $30^\circ$ .



**Fig.11.** Mapa de declividade

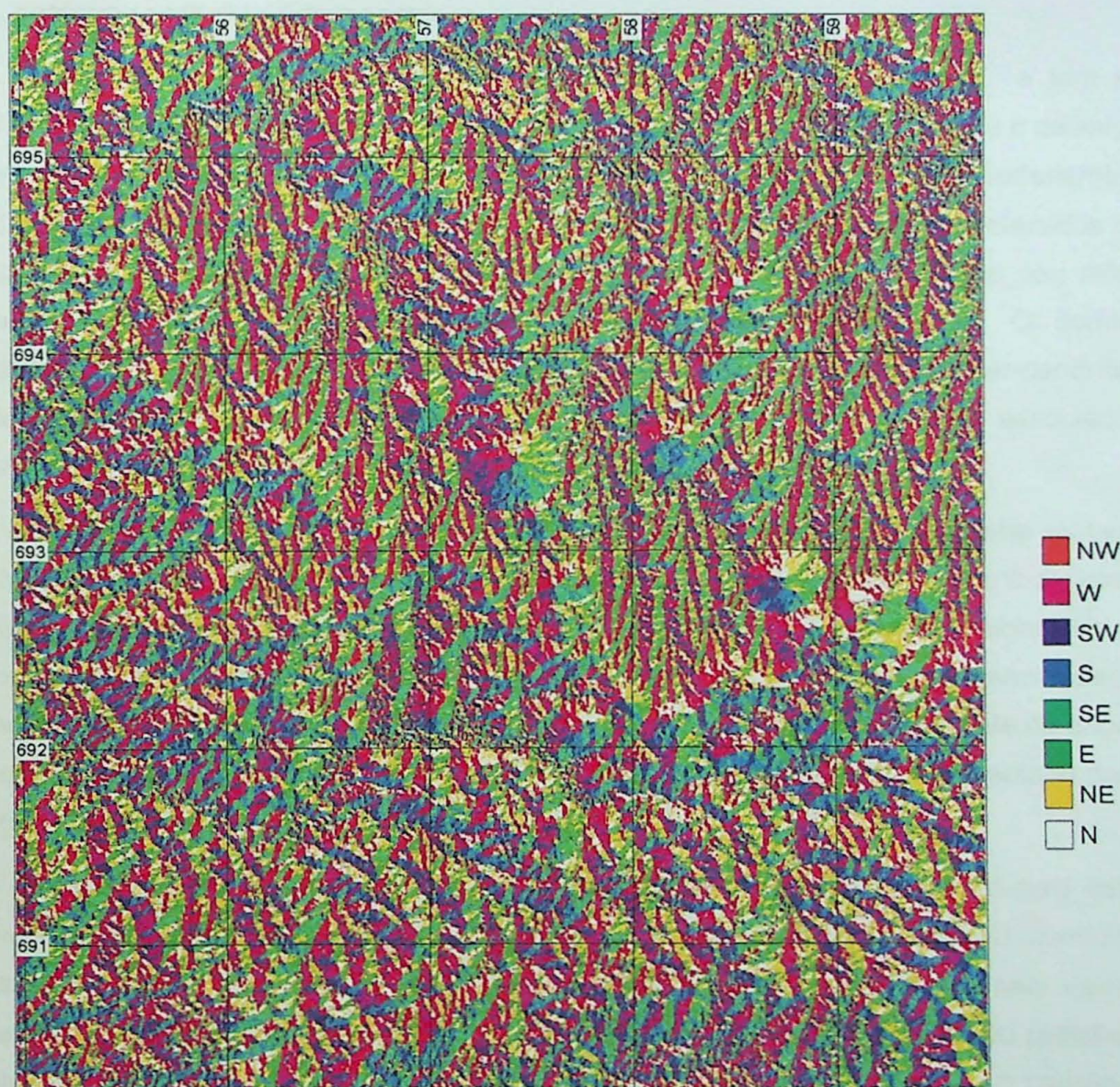
### 13.6- Mapa de Orientação de Vertentes

O mapa de orientação de vertentes foi o que apresentou resultados mais distintos em relação aos demais produtos analisados (Fig. 12). As porções sul, sudoeste e oeste do mapa apresentam forte tendência de orientação SW e SE, além de uma outra também importante de orientação NE e NW, caracterizadas por um comportamento extremamente heterogêneo. Porém, nas porções central, norte e leste predominam duas tendências principais, uma NW e



outra NE, aparecendo ainda tendências secundárias com vertentes de orientação SE e SW. Sua homogeneidade maior em relação às outras porções da área pode ser reflexo do relevo menos acidentado característico desta região.

Pode-se ainda destacar o padrão radial observado na região delimitada pelo contexto morfológico característico do distrito alcalino de Lages. É importante também destacar que toda área é marcada pela presença de uma orientação N-S (raramente observada em campo), estrutura esta já descrita na bacia do Paraná e relacionada provavelmente com uma atividade tectônica posterior à estruturação da estrutura dômica.



**Fig.12.** Mapa de orientação de vertentes.



## 14- Domínios Morfométricos

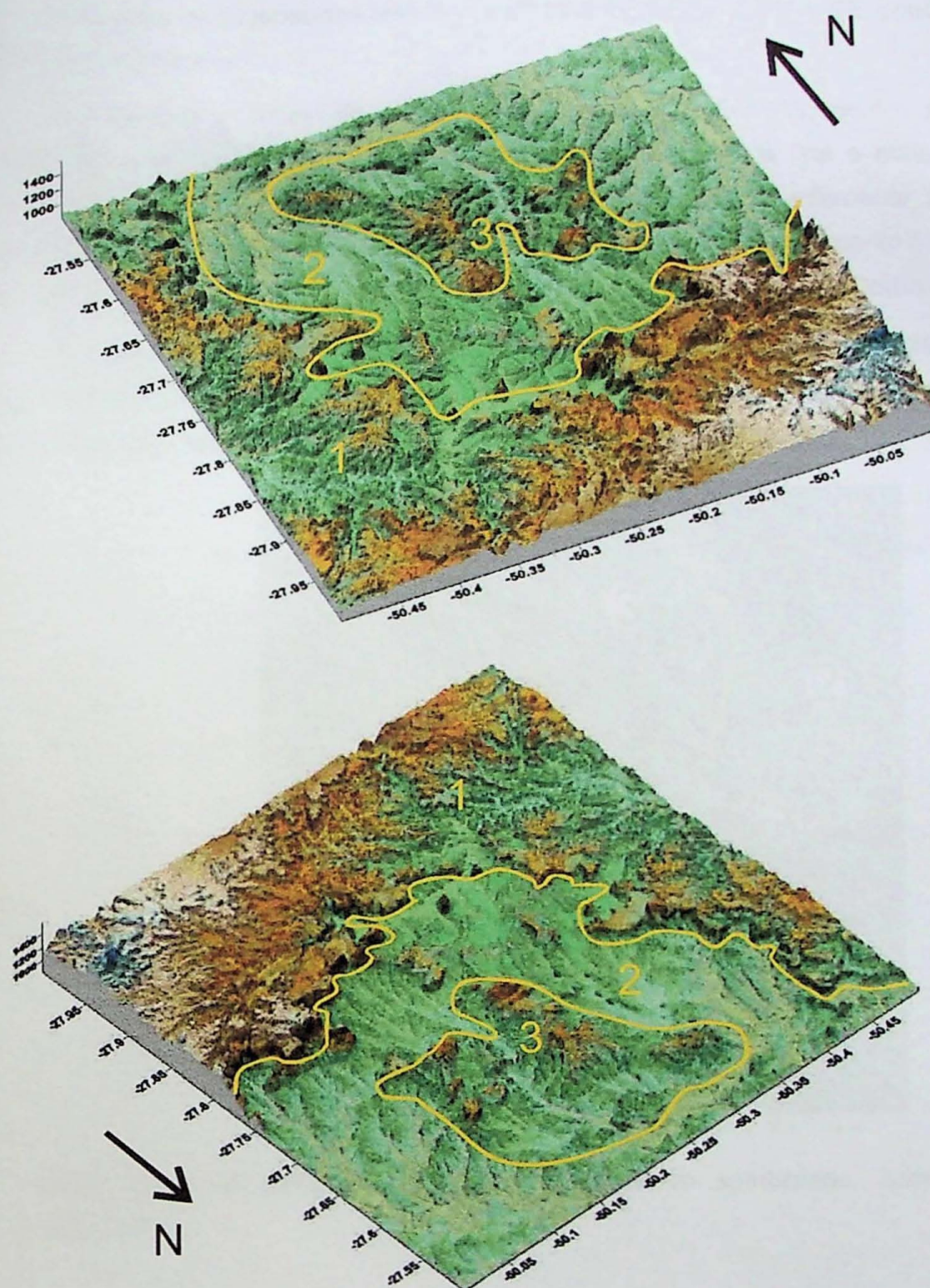
A partir da análise dos dados e da observação dos lineamentos (extraídos de imagens de satélite) e de drenagens (dados disponibilizados pelo IBGE) foram delimitados 3 domínios morfométricos, os quais possuem características distintas, e que podem ser observados nas figuras abaixo (Fig. 13). Estes três domínios morfométricos apresentam também assinaturas digitais diferentes nos demais produtos gerados para a região do Domo de Lages. Além disso, observa-se uma certa dependência destes domínios com as litologias e a própria estrutura do domo, conforme será discutido a seguir.

O domínio 1 representa as formações Serra Geral e Pirambóia/Botucatu e tem seu contorno bem delineado graças ao padrão erosivo diferenciado das formações que o delimitam (as escarpas que são características do limite deste domínio podem ser perfeitamente delimitadas em todos os produtos desenvolvidos). O domínio apresenta valores elevados nos mapas de rugosidade e declividade e textura pouco homogênea, evidenciando seu relevo acidentado (intensas variações altimétricas) e litologias menos permeáveis. O domínio apresenta uma alta densidade de lineamentos e padrão de drenagens retangular-dendrítico, caracterizado por ramificações irregulares de drenagens em todas as direções, associado a um sistema de fraturas pouco intenso e por rochas pouco permeáveis.

O domínio 2 é caracterizado por uma textura mais homogênea e por uma variação altimétrica menos acentuada, evidenciando um relevo menos acidentado e com o substrato constituído por unidades litológicas mais permeáveis. O domínio apresenta valores baixos tanto nos mapas de rugosidade como nos de declividade, além de uma densidade de lineamentos mediana e padrão de drenagens pinado (com curso maior teoricamente de origem conseqüente controlado pelo declive topográfico regional). O domínio 2 é representado pelas formações Rio do Rasto, Terezina, Serra Alta e Irati.

Já o domínio 3 é controlado principalmente pelo distrito alcalino de Lages e nele estão presentes as litologias pertencentes ao Supergrupo Itararé e ao Grupo Guatá. O domínio é caracterizado por um contraste altimétrico bem marcado, textura pouco homogênea, valores relativamente altos de rugosidade e declividade, com destaque para a orientação radial das vertentes dos morros alcalinos. O domínio tem densidade de lineamentos baixa e padrão de drenagens dendrítico provavelmente ligado à presença das rochas alcalinas.





**Fig.13.** Domínios delimitados no MDE

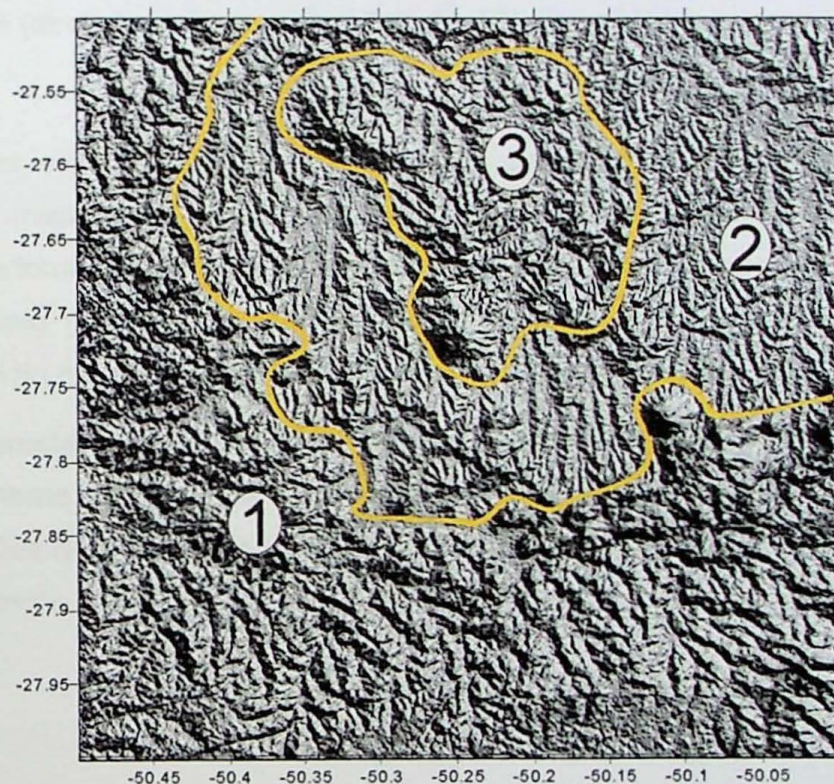
Nos modelos de relevo sombreados também é possível de ser reconhecido os três domínios morfométricos referidos anteriormente (Figs. 14 e 15). No domínio, com iluminação a



partir de N45°E e inclinação de 45°, destacam-se lineamentos bem marcados com orientação ENE-WSW, além de lineamentos também importantes com direção NW-SE, principalmente no setor leste da imagem.

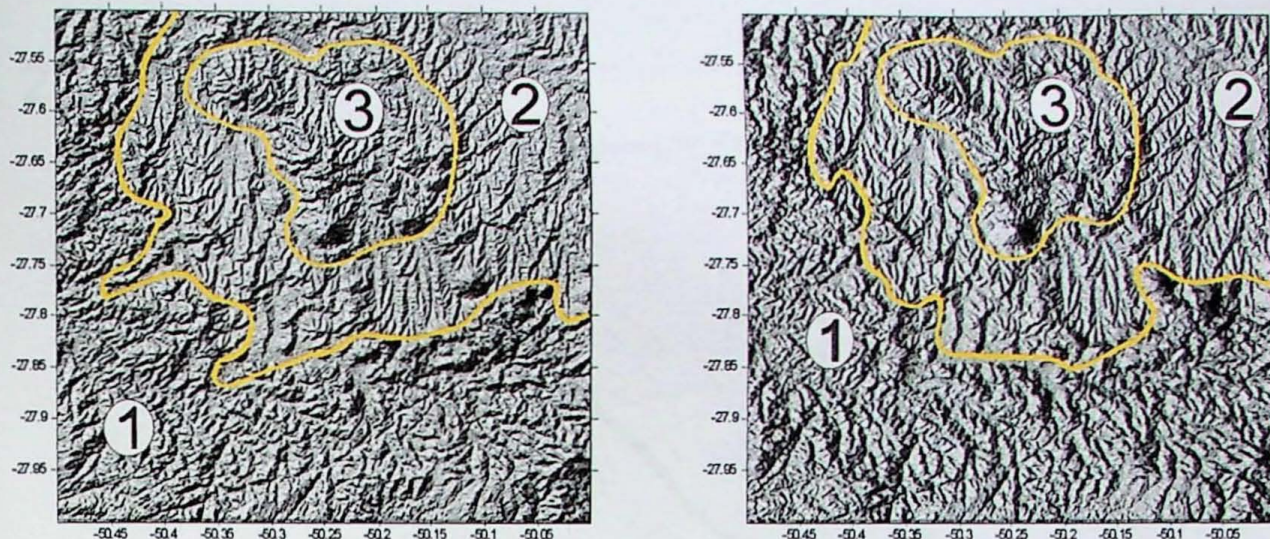
No domínio 2 notam-se ainda os lineamentos ENE-WSW, porém não tão bem estruturado como no domínio anterior e com uma textura mais fina e mais homogênea, refletindo assim um relevo mais suavizado e com rochas predominantemente sedimentares. Destaca-se aqui na porção meridional do domínio a presença de lineamento com orientação N-S, pouco evidenciado nos demais produtos gerados sobre a região do Domo de Lages.

O domínio 3, em relação aos domínios anteriores, caracteriza-se por um comportamento intermediário em termos de textura e intensidade dos lineamentos, sendo evidenciado por morros mais elevados do que o domínio adjacente (Fig. 15 ).



**Fig.14.** Domínios delimitados no modelo de relevo sombreado, iluminante N45°E, inclinação 45°.



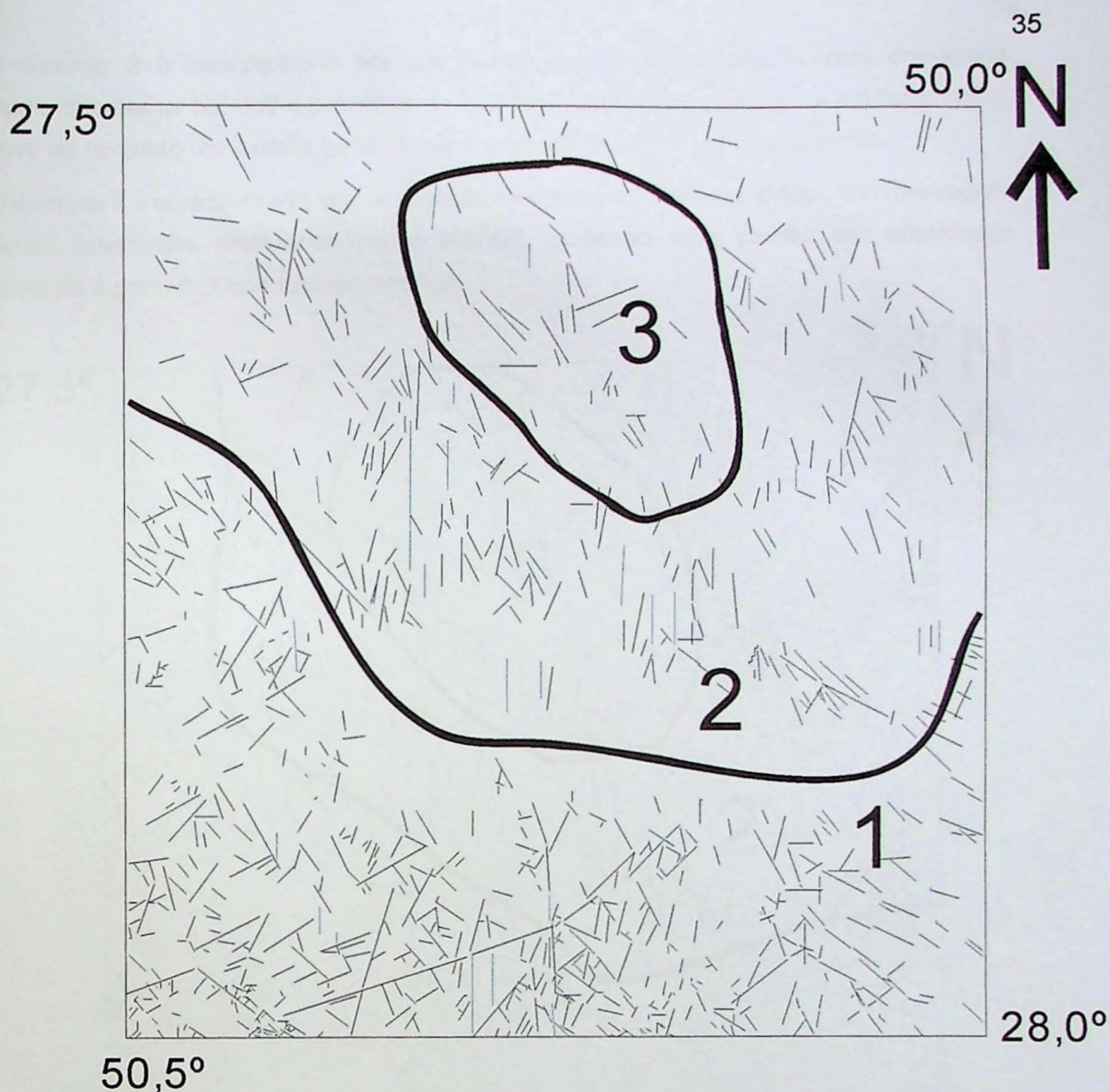


**Fig.15.** Domínios delimitados no modelo de relevo sombreado, iluminante N45°W (esquerda) e Oeste (direita), ambos com inclinação 45°.

Os lineamentos extraídos dos diferentes tipos de imagens analisadas encontram-se representados no mapa da figura abaixo (Fig. 16). Da mesma forma que nos produtos apresentados anteriormente, podem-se aqui separar três domínios com padrões estruturais distintos: um domínio 1, na porção meridional, um domínio 2, que ocupa a porções central, oriental e ocidental do mapa, e o domínio 3, que ocupa a porção setentrional-central do mapa.

O domínio 1 caracteriza-se pela predominância de padrões de lineamentos NE-SW e NW-SE e, subsidiariamente, lineamentos com orientação próxima de N-S (Fig. 16). No domínio 2 predominam padrões de lineamentos NW-SE e N-S, enquanto no domínio 3 realça apenas o padrão de lineamentos NW-SE.





**Fig.16.** Domínios delimitados no mapa de lineamentos (em azul lineamento N-S).

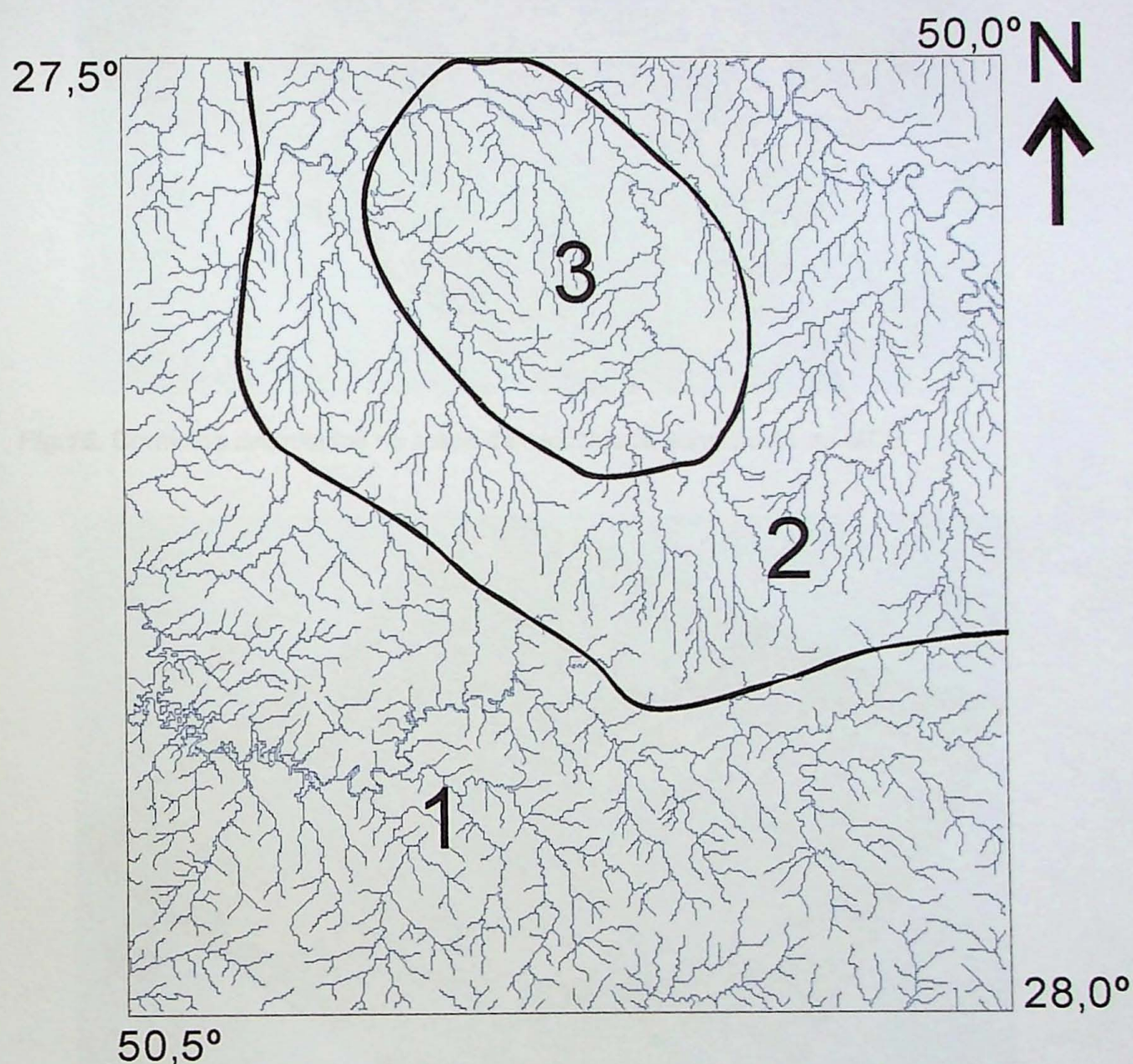
O mapa de drenagem elaborado permite a separação de três domínios, além do padrão geral radial e circular da drenagem relacionada com a estrutura dômica, que produz interferência nos três domínios aqui definidos (Fig. 17).

O domínio 1 apresenta o padrão de drenagens retangular-dendrítico, caracterizado por ramificações irregulares de drenagens em todas as direções, associado a um sistema de fraturas pouco intenso e por rochas pouco permeáveis.



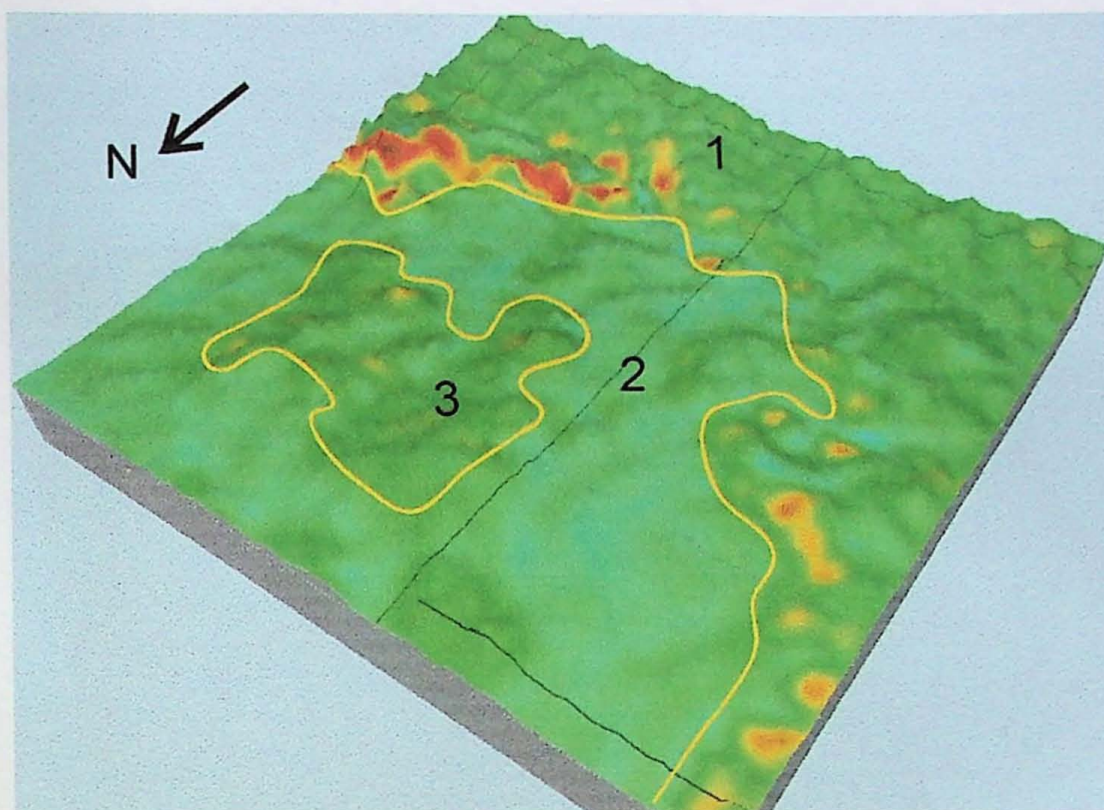
O domínio 2 é caracterizado por um padrão de drenagens pinado, com drenagens principais orientadas NE-SW e próximas de N-S, com gradientes sempre para o rumo norte, exibindo no conjunto um padrão geral circular relacionado com a estrutura dômica.

O domínio 3 é caracterizado por um padrão de drenagens mais dendrítico, com drenagens principais orientadas preferencialmente NW-SE, podendo este padrão ser relacionado diretamente à presença das rochas alcalinas.

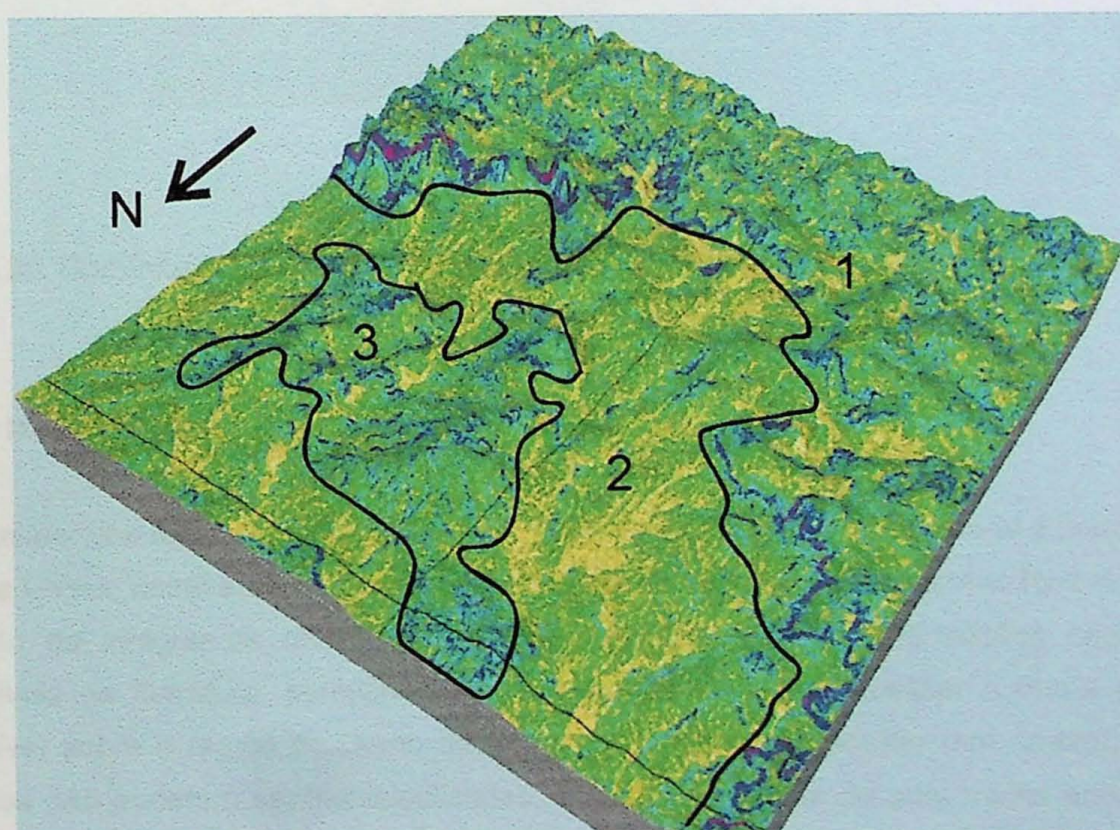


**FIG.17.** Domínios delimitados no mapa de drenagens



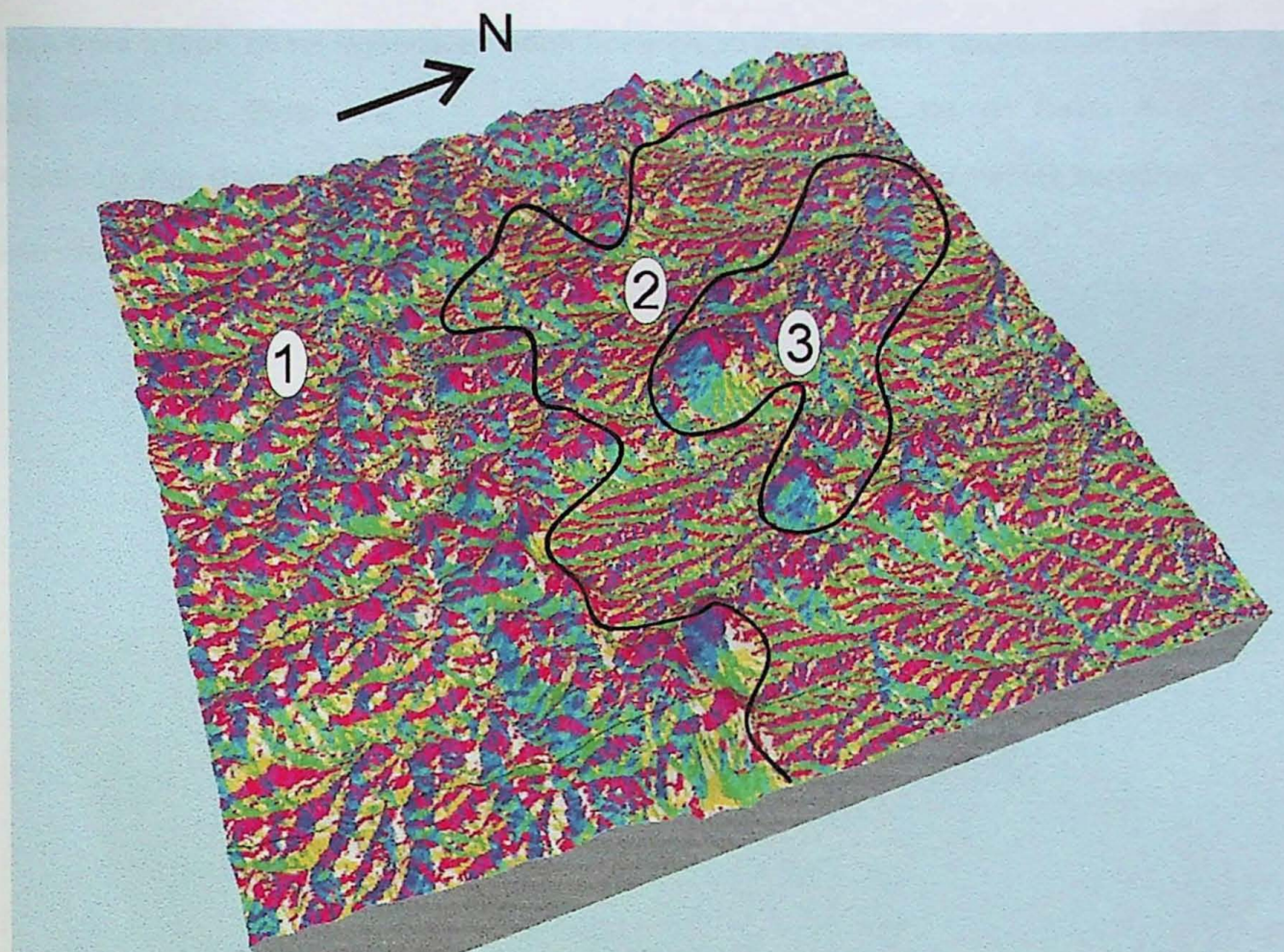


**Fig.18.** Domínios delimitados no mapa de rugosidade sobreposto no MDE



**Fig.19.** Domínios delimitados no mapa de declividade sobreposto no MDE















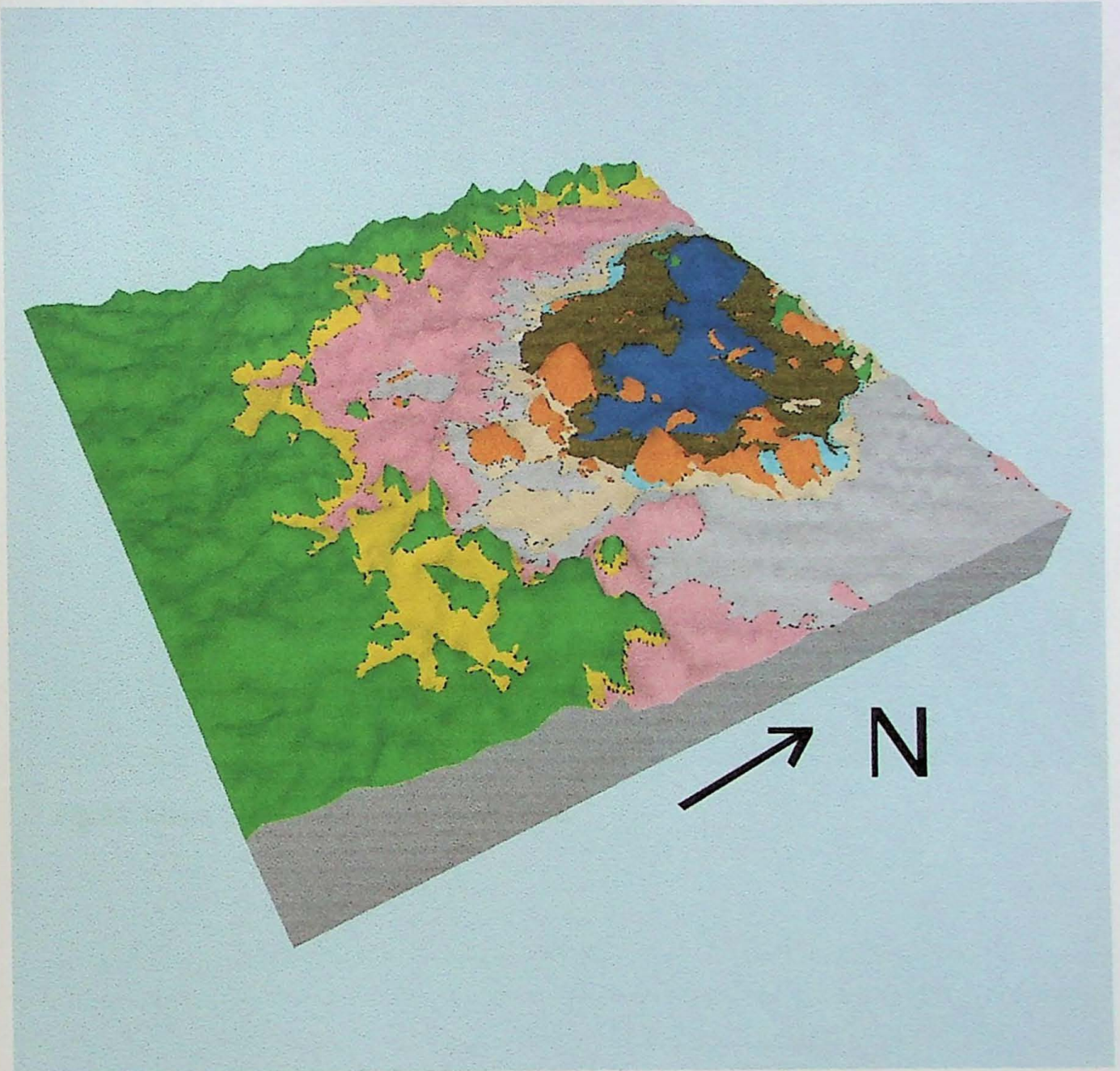
**Fig.20.** Domínios delimitados no mapa de orientação de vertentes, sobreposto no MDE.

### 15- Mapa geológico

Atualmente a área mapeada pelo projeto (em escala 1:25.000) corresponde à cerca de 60% da folha Lages, nesta escala. Como já mencionado no decorrer deste relatório foi determinante a opção de integrar os dados gerados neste projeto com as informações cartográficas disponíveis na literatura, permitindo assim a possibilidade de atualizar o mapa geológico disponível sobre a região do Domo de Lages. No mapa apresentado (em anexo), algumas unidades não puderam ser individualizadas, em função da falta de uma malha adequada de pontos de observações no terreno, a exemplo das unidades pertencentes ao Grupo Guatá (Fm. Rio Bonito e Fm. Palermo) e das formações Pirambóia e Botucatu.

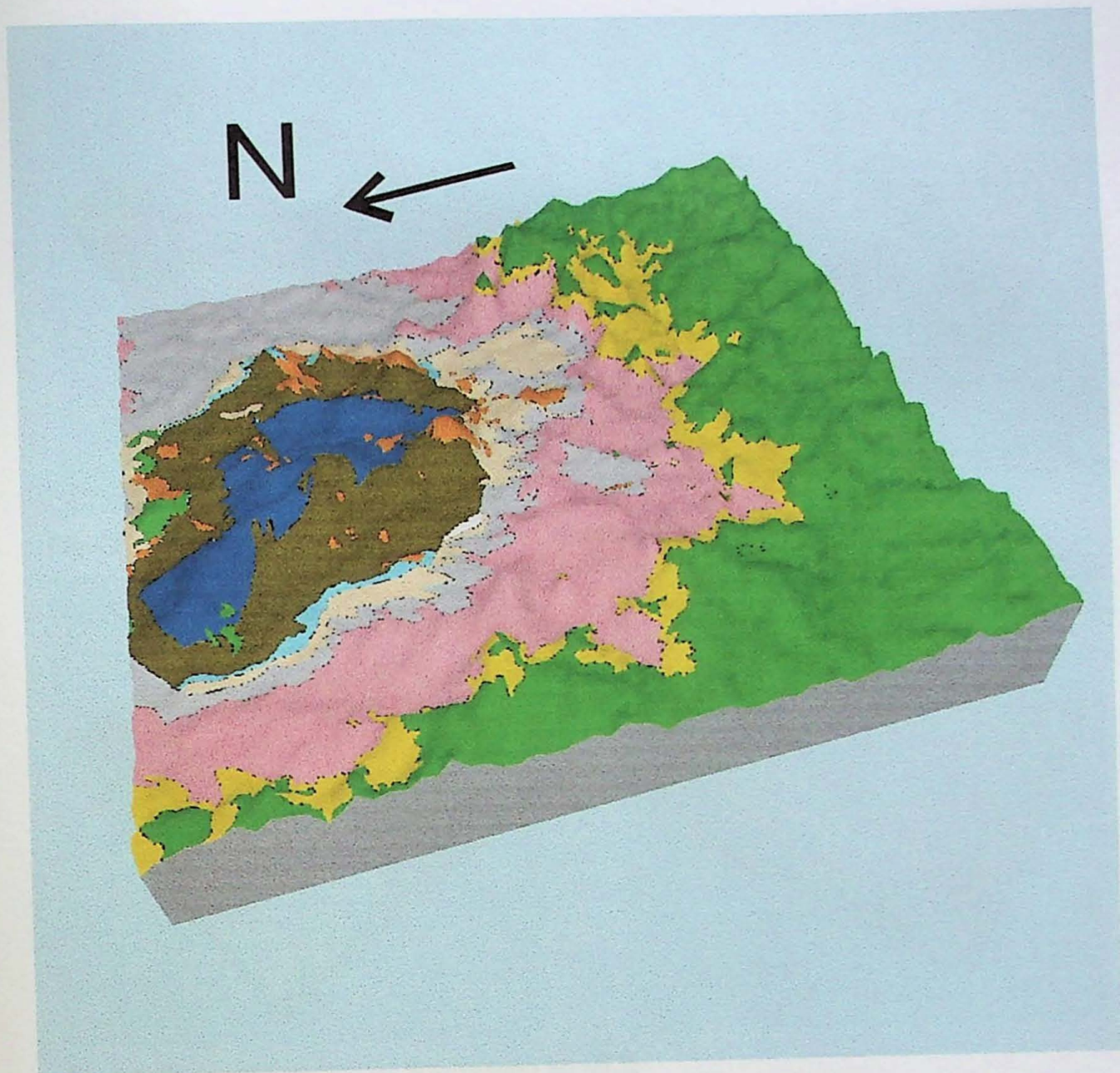


Em consequência disso são apresentadas no mapa geológico as seguintes unidades (da base para o topo, coma legenda ao lado): Supergrupo Itararé , Grupo Guatá , Fm. Irati , Fm. Serra Alta , Fm. Teresina , Fm. Rio do Rasto , Fm. Pirambóia /Fm. Botucatu  (indiviso), Fm. Serra Geral , sedimentos Terciários  além de corpos intrusivos Alcalinos .



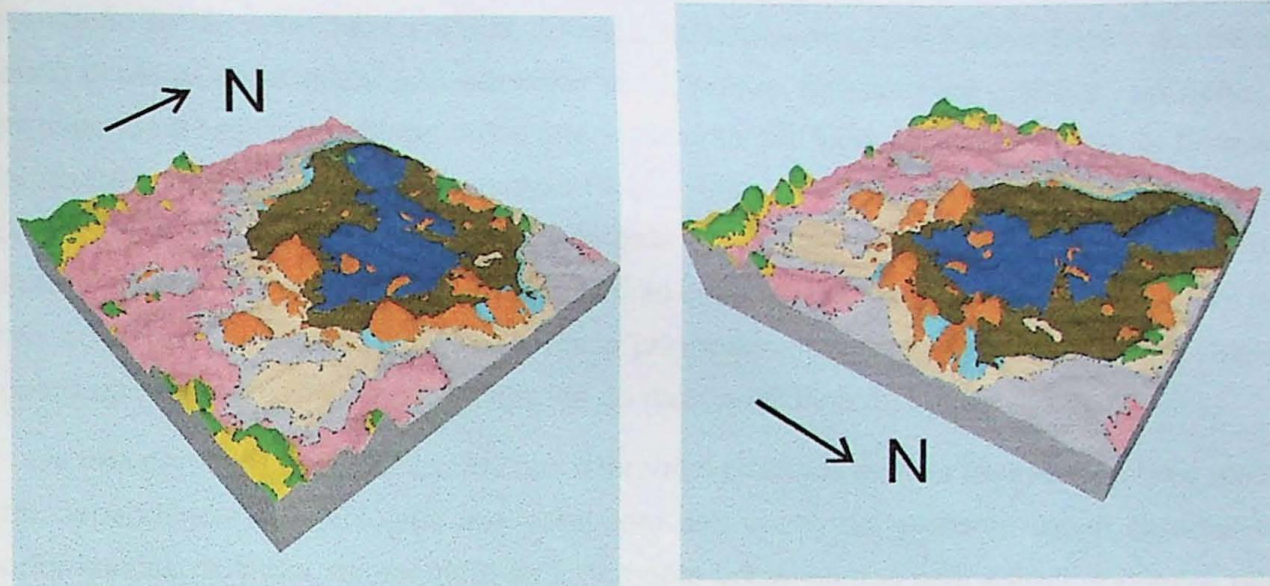
**Fig.21.** Mapa Geológico sobreposto ao MDE



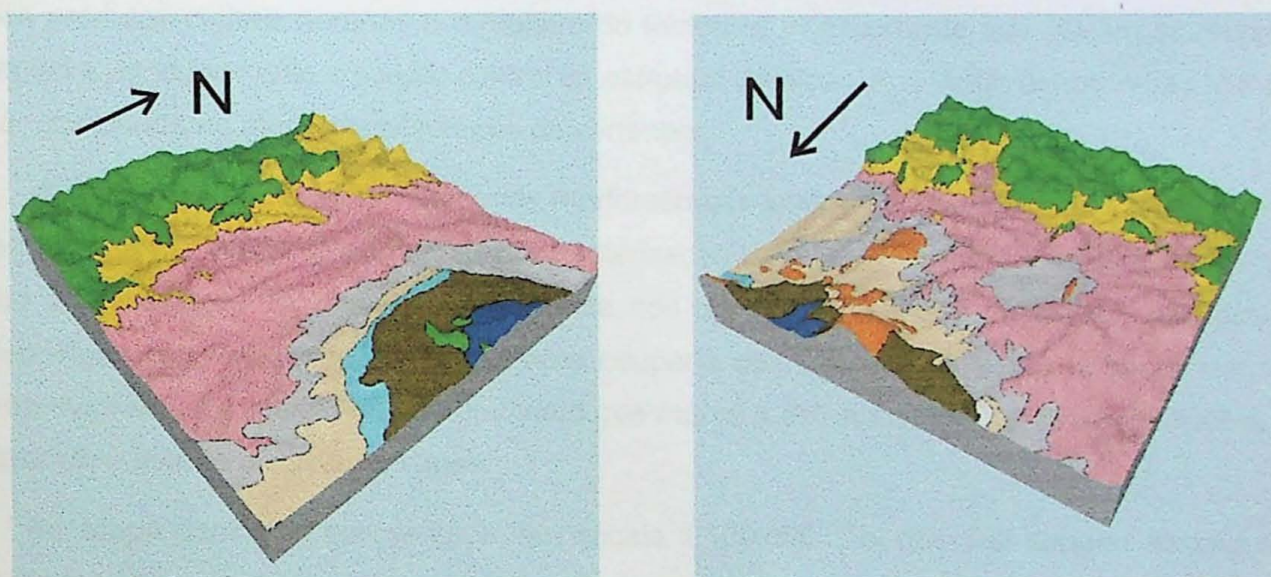


**Fig.22.** Mapa Geológico sobreposto ao MDE





**Fig.23.** Zoom do distrito alcalino de Lages sobreposto ao MDE



**Fig.24.** Zoom das escarpas, sobreposto ao MDE

## 16- Considerações Finais

Os trabalhos realizados com base neste projeto na região do Domo de Lages, SC, foram bastante elucidativos no que se refere a um maior conhecimento global da estrutura do referido domo. Com a continuidade dos trabalhos de cartografia geológica foi possível tomar conhecimento, em maior ou menor detalhe, de todas as unidades estratigráficas da Bacia do Paraná que afloram na região.

A análise conjunta dos produtos apresentados neste relatório mostra uma excelente correlação entre os produtos apresentados (relevos sombreados, rugosidade, declividade,



orientação de vertentes hipsométrico, drenagem, lineamentos) e o Modelo Digital de Elevação, sendo possível caracterizar três domínios morfológicos distintos: um domínio meridional, que corresponde à região de afloramentos principalmente das litologias relacionadas às Formações Botucatu/Pirambóia e parte da Formação Rio do Rasto, um domínio centro-oriental e ocidental, com relevo mais suavizado, caracterizado pela ocorrência sobretudo das Formações Rio do Rasto, Terezina, Serra Alta e Irati e um domínio centro-meridional, caracterizado por um relevo mais acidentado, e ocupado pela ocorrência principalmente das litologias do Grupo Guatá, do Supergrupo Itararé e rochas subvulcânicas do distrito alcalino de Lages .

Os três domínios individualizados nos diferentes produtos digitais gerados, embora mostrem forte dependência das litologias que compõem seu substrato, exibindo assim características morfométricas distintas, apresentam-se fortemente influenciados pela estrutura dômica gerada durante a colocação das rochas alcalinas. Um aspecto não evidenciado claramente na maioria dos produtos digitais gerados é o registro da tectônica transcorrente que afetam às rochas da região e principalmente a porção central da estrutura dômica. Uma tênue estruturação N-S pode ser observada no mapa de orientação de vertentes.

A delimitação da área em domínios morfométricos ajudou na sistematização dos dados, no fechamento do mapa geológico e na caracterização da área estudada. É importante salientar que a observação da geometria em planta dos domínios definidos apresenta uma possível disposição concêntrica em relação à área ocupada pelas rochas alcalinas, o que poderia ser uma evidência da ligação do soerguimento que marca a estrutura dômica com as intrusões que geraram o distrito alcalino de Lages.

No mapa geológico apresentado, em escala 1:100.000, foi possível separar as seguintes unidades (da mais antiga para a mais nova): Supergrupo Itararé, Grupo Guatá, Formações Irati, Serra Alta, Terezina, Rio do Rasto, Pirambóia/Botucatu e Serra Geral, além dos corpos alcalinos intrusivos associados e uma Formação Terciária. Apesar de fortemente basculamento tectônico ocorrido nas rochas da região, principalmente durante a fase de colocação dos maciços alcalinos, nota-se que o acamamento destas unidades apresenta uma tendência radial com variação de mergulho regional de 3° a 15°, podendo chegar localmente até 25°.

Em relação à elaboração do banco de dados georreferenciado pode-se dizer que os resultados atingidos foram muito satisfatórios. Foi gerada uma base sólida de dados, de fácil manipulação e manutenção, amplamente interativo, e que permite a incorporação de novos dados geológicos que serão obtidos futuramente com o progresso do projeto que vem sendo realizado na região.



Outro aspecto relevante evidenciado a partir deste trabalho é que para a análise mais completa da estrutura do Domo de Lages há a necessidade de se ampliar os limites da folha 1:100.000 utilizada (Folha de Lages), pois a influência do domo extrapola os limites da referida folha. Neste sentido, para melhor definir a área sob a influência da estrutura, será preciso ampliar nos futuros trabalhos a área de análise do MDE e de seus produtos.

Finalmente, cabe salientar que os diferentes produtos gerados além de apresentarem uma excelente correlação entre os diferentes elementos analisados, mostram indistintamente a forte influência da geometria da estrutura dômica nos diferentes produtos digitais obtidos.



## 17- Referências Bibliográficas

ASSINE, M.L.; SOARES, P.C.; MILANI, E.J. 1994. Seqüências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 24, n.2, p. 77-89.

FULFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. 1982. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 12, n. 4, p.590-610.

HACHIRO, J.; COUTINHO, J.M.V; RICCOMINI, COIMBRA, A.M.; FERNANDES, L.A. 1994. O astroblema de Piratininga (São Paulo, Brasil). *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 3, Rio Claro. Boletim. Rio Claro, UNESP, p.93-96.

LOCZY, L. 1966. Evolução paleogeográfica e geotectônica da Bacia Gondvânica do Paraná e do seu embasamento. *dnpm/Dgm. Boletim*, 234p.

LOCZY, L. 1968. Basic and alkalic volcanics of the state of Santa Catarina. *Anais Acad. Bras. Ciências*, v. 40, suplemento, 187-193..

MILANI, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondvâna Sul-Occidental. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. V1, 255p.

RICCOMINI, C. 1995. Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares Pós-Gondvânicos da porção centro-oriental do estado de São Paulo e áreas vizinhas. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 100p.

SCHEIBE, L. F. 1980. Distrito alcalino de Lages, SC. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 31, Balneário Camboriú, 1980. Roteiros das Excursões, Balneário Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim 3:25-31.



SCHEIBE, L. F.; KAWASHITA, K. & GOMES, C.B. 1985. Contribuição à geocronologia do Complexo Alcalino de Lages, SC. *In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, 2, Florianópolis, Anais..., Florianópolis, Sociedade Brasileira de Geologia (Núcleos RS-SC e PR), p.299-307.

SCHEIBE, L. F. 1986. Geologia e Petrologia do Distrito Alcalino de Lages, SC. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 224p.

SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28, Porto Alegre, 1974, Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p. 41-65.

WHITE, I.C. 1908. Relatório sobre as coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil. Rio de Janeiro: Comissão das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, 300 p.

WARREN, L. V. 2002. Mapeamento geológico de um segmento na parte sul do Domo de Lages, SC. Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 42P.

GROHMANN, Carlos Henrique. 2004. Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas à análise Morfométrica. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências de São Paulo, 17p.

FRANÇA, A.B. ; CALDAS, A.F.F.D. 1983. Diferenciação e Evolução dos Sistemas Deltáicos na Parte Superior do Grupo Tubarão, Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 13, n 1, pg 56-67.

[1] USGS – the National Map Seamless Data Distribution System. <http://seamless.usgs.gov>

[2] Global Mapper 6.01v – homepage – <http://www.globalmapper.com>.

[3] Surfer 8.0 – homepage – <http://www.goldensoftware.com>.

[4] GRASS\_GIS 5.3 – homepage. <http://grass.itc.it>.



- [5] Linguagem R – homepage. <http://cran.r-project.org>.
- [6] Corel Draw 9.0 – homepage – <http://product.corel.com>.
- [7] Auto Cad Map 2000 – homepage – <http://www.augi.com>.
- [8] Arc View 8.3 – homepage- <http://www.esri.com>.



---

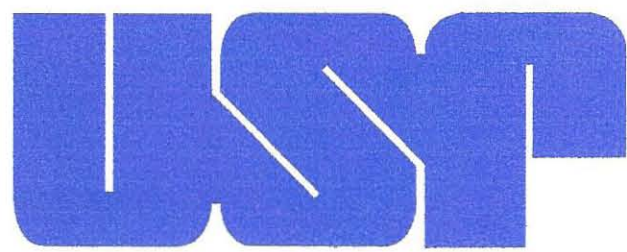
SAMAR DOS SANTOS STEINER  
ALUNO

---

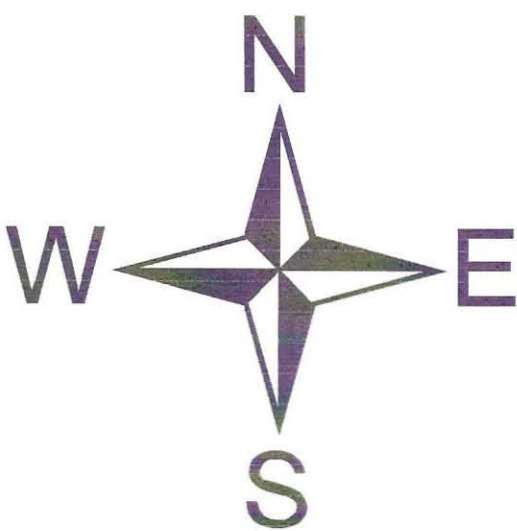
PROF. DR. RÔMULO MACHADO  
ORIENTADOR



Mapa de Pontos, Folha Lages, SC



Universidade de São Paulo

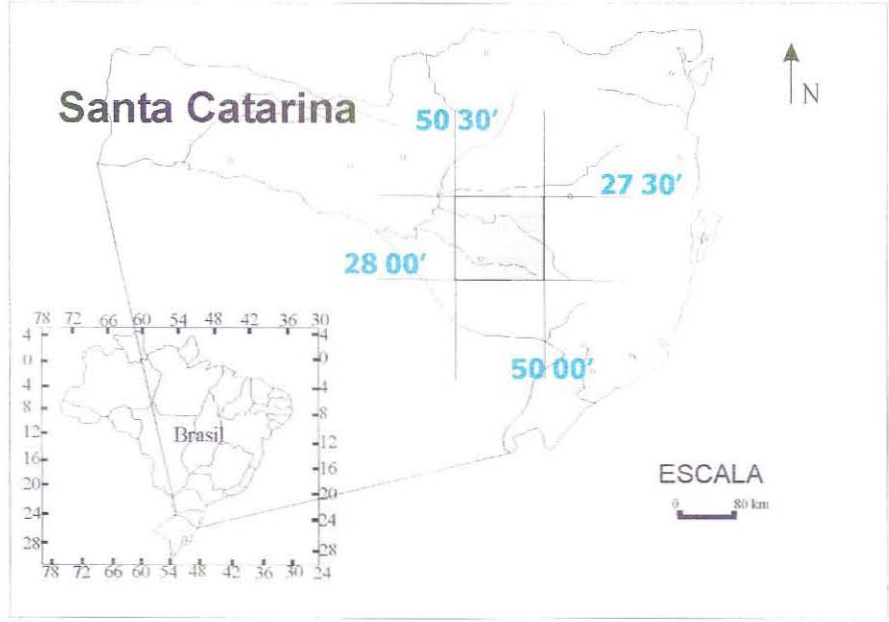


Legenda:

Terciário	Distrito Alcalino
Terciário	Terciário
Crataceo	Fm. Serra Geral
TrissicoJurassico	Fm. Pirambóia/Botucatu
Permiano	Fm. Rio do Rasto
Permiano	Fm. Terezina
Permiano	Fm. Serra Alta
Permiano	Fm. Irati
Permiano	Grupo Guatá
Carbonifero	Super Grupo Itararé

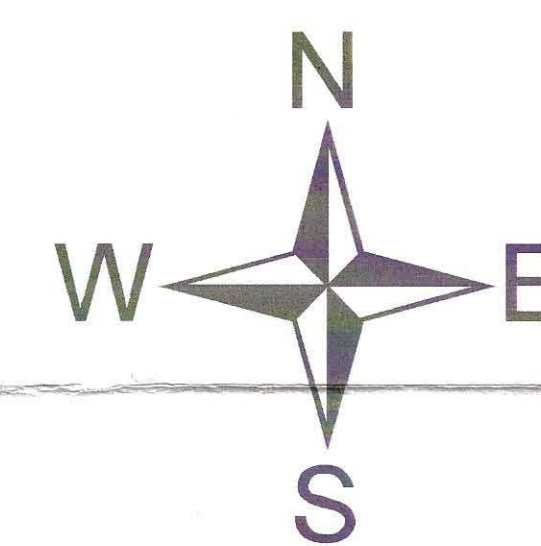
- 354 Numero do Ponto
- 12 Acamamento
- Unidades Litoestratigráficas
- Contato entre Unidades Litoestratigráficas

Articulação da Folha no Estado











1:100.000



Legenda:

The figure shows a vertical geological time scale bar on the left, with horizontal lines extending to the right. The bar is divided into several colored segments, each labeled with a geological period. To the right of the bar, specific geological units are listed, each preceded by a small colored box matching the period it belongs to.

Periodo Geológico	Unidade Geológica
Terciário	Distrito Alcalino
Terciário	Terciário
Cratáceo	Fm. Serra Geral
Triásico/Jurássico	Fm. Pirambóia/Botucatu
Permiano	Fm. Rio do Rasto
Permiano	Fm. Terezina
Permiano	Fm. Serra Alta
Permiano	Fm. Irati
Permiano	Grupo Guatá
Carbonífero	Super Grupo Itararé

	Contato
	Acamamento
	Falha Compilada (Sheilbe, 1986)
	Falha Normal
	Falha Inversa
	Limite de Perfil

### Articulação da Folha no Estado

