

Trabalho de Formatura
Curso de Graduação em Geologia

CONTEXTUALIZAÇÃO DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO RIO CLARO NO
MUNICÍPIO DE PAULÍNIA/SP EMPREGANDO SIMULAÇÕES ESTOCÁSTICAS

Vinicius Falchi Bernardo

Prof^a.Dra. Maria Rita Caetano-Chang (orientadora)

Me. Elias Hideo Teramoto (co-orientador)

Rio Claro (SP)

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

VINÍCIUS FALCHI BERNARDO

CONTEXTUALIZAÇÃO DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO RIO
CLARO NO MUNICÍPIO DE PAULÍNIA/SP EMPREGANDO
SIMULAÇÕES ESTOCÁSTICAS

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Rio Claro - SP

2013

VINÍCIUS FALCHI BERNARDO

CONTEXTUALIZAÇÃO DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO RIO
CLARO NO MUNICÍPIO DE PAULÍNIA/SP EMPREGANDO
SIMULAÇÕES ESTOCÁSTICAS

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dra. Maria Rita Caetano-Chang (orientadora)

Flávio de Paula e Silva (FUNDUNESP)

Eduardo Reckziegel de Sousa (CSIRO)

Rio Claro, _____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente o Criador do Universo, e por tudo aquilo que nele se manifesta e nos faz evoluir.

Agradeço novamente o Criador por ter enviado Grandes Mentos para o plano terrestre, de modo que o Caminho fosse iluminado para todos nós.

Agradeço enormemente minha família que me deu a oportunidade de estar vivo e me incentivou desde muito cedo a desvendar os mistérios da natureza em todas as suas nuances.

Agradeço carinhosamente a minha segunda família, especialmente a minha bela amada Ana Carolina, que em tanto contribuíram para meu crescimento pessoal.

A todos aqueles que estiveram ao meu redor e sempre contribuíram, seja pelo exemplo dado, seja pela transmissão de conhecimento, meu sincero obrigado.

“Have you also learned that secret from the river; that there is no such thing as time? ”That the river is everywhere at the same time, at the source and at the mouth, at the waterfall, at the ferry, at the current, in the ocean and in the mountains, everywhere and that the present only exists for it, not the shadow of the past nor the shadow of the future.”

- Hermann Hesse, Siddhartha

RESUMO

A Formação Rio Claro, de idade terciário-quaternária, é entendida como constituída por depósitos pouco consolidados, sendo predominantemente produto de sistemas fluviais. Na região de Paulínia (SP), estudos geológicos de cunho sedimentológico, estrutural e geomorfológico indicam que a Formação Rio Claro é constituída por depósitos fluviais meandrantés. Na primeira fase dos trabalhos, foram utilizados dados texturais de sondagens SPT, obtidos por empresas terceirizadas, para a geração de modelos estocásticos do arcabouço estratigráfico. As amostras obtidas na área de estudo foram previamente submetidas a análises granulométricas, obtendo-se assim cinco litofácies distintas, das quais três podem ser agrupadas numa única unidade litofaciológica de lamitos (planície de inundação) e as outras duas de areias médias a grossas e argilosas (fácies de canal). Procedeu-se então a uma modelagem geoestatística do arcabouço estratigráfico, em que os modelos gerados foram confrontados com dados de campo (afloramentos análogos) e com modelos conceituais geológicos aplicáveis a este tipo de sistema deposicional. Foram gerados 100 modelos com as sondagens SPT e 50 modelos de um afloramento análogo, o que permitiu correlacionar os dois conjuntos de simulações ao modelo deposicional da região. O método T-PROGS tem boa aplicabilidade na simulação de arcabouços estratigráficos e suas limitações inerentes podem ser abordadas com estudos em paralelo, como modelagens estocásticas de afloramentos análogos ou métodos geofísicos.

Abstract

The Rio Claro Formation, Tertiary-Quaternary age, is composed of unconsolidated sediments deposited by fluvial systems. In Paulínia (SP) region geological studies comprising sedimentological, structural and geomorphological aspects indicate that the Rio Claro Formation is constituted by deposits of a meandering fluvial system. Data from SPT drillings were used to obtain sedimentary textural information in order to generate stochastic stratigraphic models. Particle size analysis was carried with the core samples which resulted in the distinction of five lithofacies, three of which can be grouped into only one mudstone unit. The other two facies represent channel belt facies, being clayey sands and medium to coarse sands. Geostatistical modeling of the stratigraphic architecture followed together with correlation of analogue outcrop data and conceptual models for this type of depositional system. 100 models were generated with the SPT drillings and 50 models were generated with data from an analogue outcrop, which allowed constraining of both simulation sets to the depositional model given for the region. T-PROGS methodology has good applicability in simulating stratigraphic frameworks and its inherent limitations may be approached with parallel studies, such as stochastic modeling of analogue outcrops or geophysical methods.

Palavras-chave: Modelagem Estocástica, Formação Rio Claro, Sistemas fluviais meandrantés.

Key words: Stochastic modeling, Rio Claro Formation, Meandering Fluvial Systems.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	8
3	CONTEXTO GEOLÓGICO.....	9
3.1	Bacia do Paraná no interior paulista	10
3.2	Subgrupo Itararé	11
3.3	Diabásio	11
3.4	Formação Rio Claro	12
3.5	Sedimentos quaternários	14
3.6	Caracterização da área de estudo	14
3.6.1	Sistemas fluviais meandranes	16
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
4.1	Contextualização teórica	19
4.2	Modelos estocásticos de arcabouço estratigráfico	20
4.2.1	Cadeias de Markov	21
4.2.2	Metodologia T-PROGS	22
4.2.2	Modelagens do arranjo estratigráfico.....	25
4.3	Materiais utilizados.....	25
5	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	27
5.1	Análise e integração dos bancos de dados	29
5.2	Sondagens	29
5.3	Modelagem estocástica do arcabouço estratigráfico.....	31
5.4	Avaliação e seleção dos modelos.....	33

5.5	Análise de um afloramento análogo	35
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
6.1	Correlações das unidades litofaciológicas descritas	36
6.2	Modelo sedimentar	37
6.3	Dados de campo	39
6.4	Modelos estocásticos	41
6.4.1	Sondagens SPT na área de estudo.....	41
6.4.2	Dados de campo.....	46
6.5	Integração dos resultados	46
7	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	Anexo I.....	57
	Anexo II.....	60
	Anexo III.....	77

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho ocupa-se em demonstrar a aplicabilidade de métodos geoestatísticos, mais confiáveis do ponto de vista geológico, para modelar sistemas estratigráficos complexos.

O estudo de caso insere-se regionalmente no contexto da Bacia do Paraná, nas vizinhanças de Paulínia, estado de São Paulo. Na área foram descritos litotipos correlacionados ao Subgrupo Itararé e à Formação Rio Claro (MELO, 1995; FERNANDES, 1997), além de diques de diabásio.

De acordo com Fernandes (1997), a Formação Rio Claro na região é produto de processos fluviais ocorridos no Cenozoico. O sistema seria meandrante e apresentaria feições típicas de eventos de mais alta energia, como rompimentos de diques marginais e deposição de sedimentos mal selecionados e grossos.

Diversos autores como Carle & Fogg (1996; 1997), Fogg *et al.* (1998) Weissman *et al.* (1999), Lee *et al.* (2007) e Alberto (2010) avaliaram sistemas aquíferos complexos, semelhantes ao deste estudo de caso, por meio de abordagem geoestatística convencional e T-PROGS (*Transition probability geostatistical software*). Este tipo de simulação alinha, de modo consistente, conceitos e dados geológicos a modelos matemáticos como as Cadeias de Markov, algoritmo fundamental nos *softwares* de modelagem como o aplicativo MODFLOW do GMS 6.5.

Para determinar os modelos estratigráficos, foram integradas informações diversas (*hard data*) com modelos conceituais (*soft data*), o que possibilitou avaliar com maior grau de confiabilidade a situação da área.

A partir de dados de sondagens SPT e análises granulométricas das litologias descritas na área de estudo, foi possível padronizar as descrições para os fins desejados, definindo cinco unidades litofaciológicas. Dentre essas, três foram agrupadas em uma única litofácies, de tal modo que no modelo foram utilizados três tipos litofaciológicos para modelar o arcabouço.

O polígono definido para dar as condições de contorno do modelo tem dimensões 850 m x 875 m, totalizando uma área de aproximadamente 0,74 km², sobre a qual estão distribuídas 140 sondagens com descrições litológicas. A partir desses dados foram gerados 100 (cem) modelos do arcabouço estratigráfico.

Adicionalmente foi realizada uma modelagem de um afloramento análogo. Nesta atividade o afloramento foi inteiramente fotografado em alta resolução, e com as fotografias pôde-se fazer uma montagem de uma foto panorâmica. Sobre esta foto panorâmica, foram desenhados perfis litofaciológicos.

Foram gerados pseudo-poços da seção do afloramento, os quais foram registrados no formato específico do software de modo a conduzir as simulações do arcabouço estratigráfico do mesmo e assim comparar com os resultados das simulações da área a partir de sondagens SPT. Estes dois conjuntos de modelos foram então correlacionados a modelos de sistemas fluviais meandrantés.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O presente trabalho visa demonstrar a aplicabilidade da modelagem estocástica a sistemas fluviais meandrantos com alto grau de heterogeneidade, além de contribuir para o melhor entendimento da contextualização deposicional da Formação Rio Claro na região.

Não raramente dispõe-se de dados insuficientes para uma caracterização precisa e confiável do meio geológico. Por motivos diversos, empresas e pesquisadores não investem o suficiente, em termos financeiros e em tempo/dedicação, na aquisição de dados para o desenvolvimento de bons modelos conceituais.

Dessa forma, além de buscar demonstrar a aplicabilidade do uso de modelagens numéricas ao entendimento do arcabouço estratigráfico, o presente estudo visa contribuir, em bases mais confiáveis (menos subjetivas), para o estudo da dinâmica atividade humana/meio geológico, como é o caso que ocorre em áreas impactadas.

Ao final, pretende-se encontrar os modelos com maior probabilidade de representação da situação real da área, tendo como base os dados disponíveis.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 Bacia do Paraná no interior paulista

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica com acumulação de rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam entre o Siluro-Ordoviciano e o Cretáceo. O embasamento é composto por rochas ígneas e metamórficas, cujas idades radiométricas situam-se entre 700 Ma e 450 Ma (CORDANI *et al.* 1984 *apud* QUINTAS *et al.* 1997), correspondendo ao Ciclo Orogênico Brasileiro.

A área total da bacia é de cerca de 1.600.000 km² (Figura 1), que se estendem países vizinhos – Argentina, Paraguai e Uruguai. A Bacia do Paraná possui formato alongado na direção NNE-SSW, com aproximadamente 1750 km de comprimento e largura média de 900 km. Apresenta derrames de lava basáltica em dois terços da porção brasileira (ZALÁN *et al.* 1990a *apud* QUINTAS *et al.* 1997).

Almeida (1980) e Zalán *et al.* (1990b) *apud* Quintas *et al.* (1997) interpretam que o pacote de rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná resultou da superposição de três bacias diferentes. Estes autores defendem que a bacia do Paraná teve evolução policíclica e identificam que as posições relativas das placas tectônicas teriam sido os principais controladores dos limites individuais de cada bacia. A primeira bacia, correspondente às sequências siluriana e devoniana, teria sido depositada em um golfo aberto para o paleo-oceano Pacífico. Já a segunda, que corresponde à sequência permocarbonífera, típica de sinéclise intracontinental, desenvolveu-se em mar interior. A fase de erupção das lavas corresponderia à "terceira bacia" do Paraná.

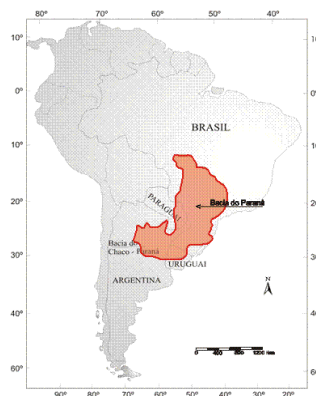


Figura 1 – Extensão da Bacia do Paraná

3.2. Subgrupo Itararé

Segundo a classificação litoestratigráfica de França & Potter (1991) *apud* Trzaskos *et al.* (2006), o Grupo Itararé é composto por três grandes ciclos com argilosidade crescente para o topo, denominados de formações Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba. Essas três unidades são mapeáveis em subsuperfície e são, grosso modo, correlatas às formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul, mapeadas na borda leste catarinense da bacia por Schneider *et al.* (1974).

No estado de São Paulo, a unidade permanece indivisa devido à parca continuidade lateral das fácies e à inexistência de marcos regionais, sendo aí mais comumente classificada como Subgrupo Itararé.

Para Soares (1972), no estado de São Paulo, o Supergrupo Tubarão engloba o Subgrupo Itararé e a Formação Tatuí, interpretando-as como pertencentes a um ciclo glacial e a outro pós-glacial, respectivamente. No intervalo glacial, o autor identificou arenitos de granulação variável, muito finos a conglomeráticos, argilosos ou não, por vezes micáceos, exibindo estratificação cruzada acanalada e plano-paralela; apresentam frequentes estruturas deformacionais, como identificado nas proximidades de Tietê (SP). Entre os arenitos, ocorrem intercalados siltitos cinza, ritmitos e folhelhos, mais raramente com fósseis vegetais. Corpos de diamictitos cinza, descontínuos, ocorrem na seção, por vezes no topo, assumindo tonalidades marrom-avermelhadas.

O Subgrupo Itararé aflora nos bordos sudeste e noroeste da Bacia do Paraná e tem grande expressão em termos de amplitude no registro sedimentar e complexidade dos processos geradores, alcançando espessuras de até 1000 metros na Bacia do Paraná.

Fernandes (1997) ressalta a dificuldade de se correlacionar as colunas estratigráficas da literatura no que tange o Subgrupo Itararé, em grande parte devido à complexidade de seu ambiente deposicional.

Por outro lado, como nota a autora, é consenso na bibliografia que o Subgrupo Itararé apresenta feições glaciais marcantes como estrias, seixos pingados, diamictitos etc. São

conhecidas as seguintes litofácies *sensu lato*: arenitos, diamictitos, siltitos, argilitos, lamitos, ritmitos e camadas de carvão.

Na área do presente trabalho, são comuns fácies mais finas, predominando siltitos e ritmitos, com lentes arenosas presentes, interpretados como depositados em ambiente marinho, provavelmente interglacial, de plataforma ou transicional (praia e planície de maré), (FERNANDES, 1997).

3.3. Diabásio

Intrusões ígneas de composição básica são comuns no sudeste do Brasil, e dados geocronológicos dessas rochas compilados por Machado *et al.* (2005) mostram que são, na prática, correlacionáveis à Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, de aproximadamente 130 Ma.

Tais rochas ocorrem como *sills* e diques de diabásio, contemporaneamente aos derrames da Formação Serra Geral, intrudidas nas rochas do Subgrupo Itararé. Sua filiação geoquímica é toleítica, possuindo mineralogia composta por plagioclásio, augita, pigeonita e mais raramente olivina.

Rocha Campos *et al.* (1988) *apud* Alberto & Chang (2003) obtiveram, utilizando datação pelo método K-Ar, idades entre 135 Ma e 130 Ma, ao passo que os dados de Ar⁴⁰-Ar³⁹, obtidos por Turner *et al.* (1994) *apud* Alberto & Chang (2003), revelam variação entre 137 Ma e 128 Ma.

Esse evento geológico é de grande importância por ser a maior manifestação vulcânica reconhecida no planeta, cobrindo uma área de cerca de 1 milhão de km² e contabilizando volumes de cerca de 650.000 km³ entre os continentes Sul-americano e Africano.

Na área de estudo, corpos de diabásio são abundantes e extensos. Por possuírem baixa permeabilidade, restringem o fluxo e podem ser usados em modelos matemáticos como bases impermeáveis.

Outro ponto importante a ser ressaltado acerca das intrusões básicas é que o metamorfismo de contato imposto aos litotipos do Subgrupo Itararé diminuiu consideravelmente sua porosidade original.

3.4 Formação Rio Claro

A Formação Rio Claro foi definida por Bjonberg & Landim (1966), ocorrendo entre as cotas 600 m e 800 m acima do nível do mar.

Fúlfaro & Suguio (1968) afirmam que a Formação Rio Claro é formada principalmente por arenitos, por vezes conglomeráticos, com lâminas ou lentes de argilas subordinadas, atingindo espessuras máximas de 20 metros, com ocorrência de uma cascalheira na base.

Os autores supracitados interpretam que a sedimentação da Formação Rio Claro teria se dado em clima semiárido, sincronicamente à formação de pedimentos, ou ainda em ambiente fluvial controlado por tectônica. Para Penteadó (1976), a sedimentação da unidade teria ocorrido em clima semiárido, em bacias alveolares escalonadas controladas por falhas.

De acordo com Fernandes *et al.* (1994) e Melo (1995), a Formação Rio Claro ocorre em maior extensão no platô de Rio Claro, e de forma mais descontínua na borda leste da Depressão Periférica, em contato com o Planalto Atlântico. A espessura na área de transição desses domínios morfológicos é de cerca de uma dezena de metros, ao passo que no platô de Rio Claro são da ordem de 20 m a 40 m.

Para Melo (1995) havia certo grau de confusão associado à Formação Rio Claro, posto que sedimentos entendidos como quaternários eram também correlacionados à Formação Rio Claro, consideravelmente mais antiga. Seu estudo procurou estabelecer uma datação relativa baseada em critérios faciográficos e geomorfológicos, argumentando com a impossibilidade de se realizar datações absolutas.

Entretanto, Ferreira & Caetano-Chang (2008) conduziram um estudo de datação por termoluminescência em sedimentos associados às formações Rio Claro e Piraçununga, bem como de alguns sedimentos de coberturas quaternárias. As autoras obtiveram resultados que apontam idades do Pleistoceno. A mais antiga foi de 745.000 anos AP, determinada em amostras da Formação Rio Claro. As demais idades obtidas variavam entre 400.000 e 145.000 anos AP em ambas as unidades.

Os depósitos da borda leste da Depressão Periférica foram correlacionados à Formação Rio Claro por Melo (1995), tendo em vista as semelhanças granulométricas, mineralógicas, faciológicas e geomorfológicas.

Melo (1995) definiu quatro litofácies para a Formação Rio Claro – **Trcl**, **Trcc**, **Trca** e **Trcm** – detalhadas na sequência.

Trcl – Depósitos ou sedimentos imaturos tanto textural quanto mineralogicamente. Comumente não apresentam estratificação, ou esta é incipiente. Ocorrem grande proporção de matriz fina e clastos de tamanho variável (centimétricos em geral) dispersos caoticamente em matriz lamítica. Do ponto de vista sedimentológico, é interpretada como produto de processos gravitacionais (corridas de lama, coluvionamento) no contexto fluvial de interface com o Planalto Atlântico.

Trcc – Depósitos de cascalhos imbricados com clastos de quartzo e quartzito frequentemente arredondados, inseridos em uma matriz arenosa de textura variável e estratificações acanaladas e tabulares. É tida como produto de sedimentação de fundo de canal em regime de fluxo superior e barras de pontal em sistema fluvial meandrante.

Trca – Depósitos de areia predominantemente fina com estratificações planoparalelas e cruzadas acanaladas, por vezes apresentando laminações cavalgantes e delgadas intercalações de argila com feições de deformação por sobrecarga. É tida como depósitos de rompimento de diques marginais.

Trcm – Principalmente constituída por depósitos argilosos e silto-argilosos com estratificação e laminação distinta a indistinta, contendo impressões de folhas e caules, pistas fósseis e apresentando deformações de sobrecarga. Esta unidade faciológica é interpretada como produto de decantação em planícies de inundação em sistema fluvial meandrante.

Fernandes (1997) também identificou quatro litofácies para a Formação Rio Claro em sua área de estudo que abrange o município de Paulínia. Foram denominadas **Si**, **Ar**, **Ag** e **La**.

Si – Siltitos/arenitos muito finos/argilitos com laminação planoparalela horizontal, com raros clastos de arenitos. Apresentam cores que variam entre o amarelo ocre e vermelho claro. As espessuras são decimétricas a métricas, podendo atingir 10 m a 15 m. Ocorrem raras camadas de siltito amarelo ocre, laminados e ricos em restos vegetais de ambiente lacustre. São interpretados como formados em meandros abandonados, preenchidos por inundações.

Ar – Arenitos quartzosos, grossos ou médios a finos, às vezes conglomeráticos, mal a medianamente selecionados, com grânulos e seixos de quartzo subangulosos ou subarredondados; apresentam granodecrescência normal ou inversa. Estratificação tabular de médio porte está presente, por vezes sendo acanalada ou cruzada de baixo ângulo. Podem ocorrer camadas centimétricas a decimétricas de conglomerados e camadas centimétricas lenticulares da fácies Si. Mais raramente ocorrem corpos sigmoidais de arenitos com cerca de 1 m de espessura e alguns metros de comprimento em meio a fácies Si. Conglomerados matriz-suportados (areia grossa com seixos de quartzo), em camadas de até 1 m, encontram-se associados à fácies Ar.

Ag – Argilitos siltosos esbranquiçados com laminação incipiente, na forma de corpos tabulares extensos com até 2 metros de espessura.

La – Lamitos argilosos variando a arenitos pelíticos, maciços, com esparsos grânulos e seixos de quartzo subarredondados ou subangulosos, Esses lamitos, de cor cinzenta com manchas vermelhas, podem ocorrer na base, adjacente ou no topo das demais fácies. São interpretados como fluxos de detritos ou corridas de lama, somando ao todo vários metros de espessura.

3.5 Sedimentos quaternários

Melo (1995) propôs um diagrama para organizar 14 unidades litofaciológicas mais jovens que a Formação Rio Claro (composta por quatro unidades). Dessas 14, cinco seriam do período Terciário/Quaternário e as demais do Quaternário. O principal critério utilizado foi a geomorfologia, discretizando-se os depósitos segundo ambientes como colúvio-aluvial, aluvial, terraços, leques aluviais, boçorocas, rampas, entre outros.

3.6 Caracterização da área de estudo

A região de Paulínia, onde está sendo desenvolvido o presente trabalho, situa-se na faixa de transição entre dois domínios geomorfológicos principais, a Depressão Periférica e o Planalto Atlântico. A Formação Rio Claro, alvo deste estudo, insere-se no contexto da Depressão Periférica.

O município de Paulínia (SP) faz parte do setor oeste estudado por Fernandes (1997), que identificou unidades litoestratigráficas permo-carboníferas, cretáceas e sedimentos terciários e quaternários. Para a autora, na coluna estratigráfica da área ocorrem rochas do Subgrupo Itararé, diques de diabásio contemporâneos à Formação Serra Geral e intrudidos no Subgrupo Itararé, além de depósitos cenozoicos coluvionares terciários (Formação Rio Claro) e aluvionares quaternários.

Alberto & Chang (2003) conduziram um estudo de caracterização por simulação numérica de fluxo em um sistema de encosta-rio nas adjacências da área deste estudo e identificaram as unidades mapeadas por Fernandes (1997), como ilustrado no mapa da figura 2.

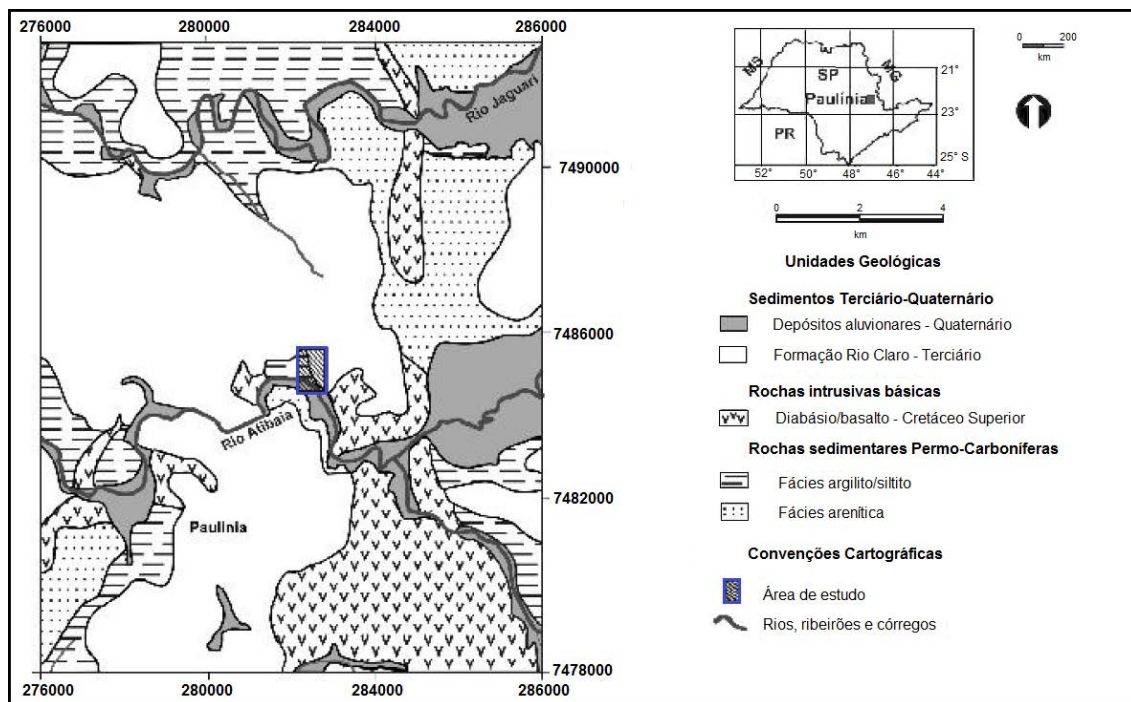


Figura 2 - Mapa geológico da região de Paulínia. Modificado de Fernandes (1997)

No local de estudo, os materiais que constituem o arcabouço geológico são basicamente as litofácies identificadas por Fernandes (1997) para a Formação Rio Claro e as intrusões de diabásio.

3.6.1 Sistemas Fluviais Meandrantes

Considerando que o sistema deposicional da Formação Rio Claro seja de fato meandrante, faz-se necessário uma breve abordagem deste sistema. Esta análise bibliográfica será aplicada na interpretação dos produtos resultantes das simulações estocásticas.

De um modo geral, observa-se que os rios do tipo meandrante ocorrem em porções distais das bacias hidrográficas, onde predomina a sedimentação sobre a erosão. No entanto, por diversos motivos como controles tectônicos ou climáticos, rios podem apresentar-se anastomosados ou entrelaçados em um determinado trecho e meandrante em outro, e depois tornarem a ser anastomosados ou entrelaçados (BRIDGE, 2006). A figura 3A ilustra as posições típicas dos tipos de rio e o perfil erosivo/deposicional destes, bem como a figura 3B uma vista em planta dos tipos de rio retilíneo, meandrante, anastomosado e entrelaçado.

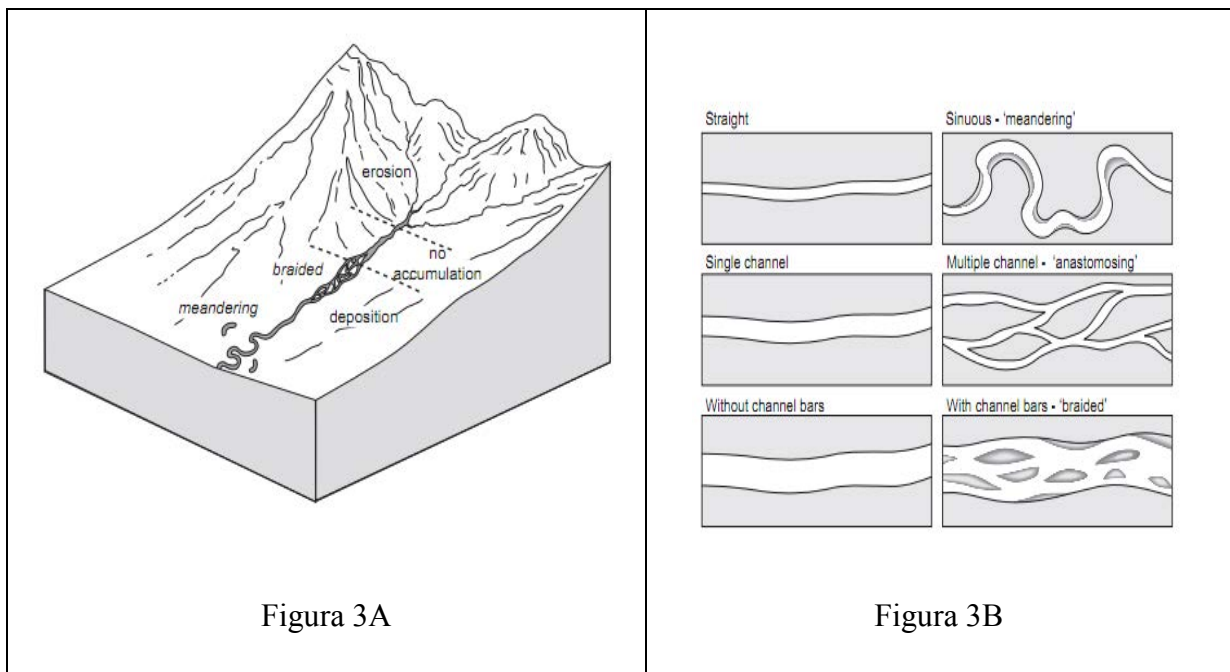


Figura 3– A - Zonas geomorfológicas em sistemas aluviais e fluviais; B - Tipos de rios encontrados na natureza. Modificado de Nichols (2009). Assumindo que no registro estratigráfico da área de estudo foram observadas feições típicas de canais meandrantos, são abaixo ressaltados os aspectos principais deste tipo de sistema deposicional.

Como pode ser observado em Nichols (2009), Miall (1992), Collinson (1996), entre outras publicações, sistemas fluviais meandrantos são tipicamente representados por um canal que erode as margens externas e deposita parte dos sedimentos nas barras de pontal, nas margens internas dos meandros. São depositados sedimentos arenosos no próprio canal e

observa-se uma agradação vertical desses sedimentos, além de agradação lateral das barras de pontal à medida que o canal migra.

O comportamento de migração está associado à própria dinâmica de erosão e deposição do canal, que constrói barras e diques marginais e passa a fluir acima do nível da planície de inundação. Em um evento de maior descarga, a energia do fluxo poderá promover o rompimento de diques marginais, causando assim a deposição de sedimentos de *crevasse splays*, e também a avulsão do canal, gerando meandros abandonados. A figura 4 ilustra os subambientes de sistema fluvial meandrante.

Meandros abandonados e planícies de inundação são ambientes de mais baixa energia, onde predominam a deposição por decantação de finos, siltes e argilas, que preservados constituem lamitos tipicamente.

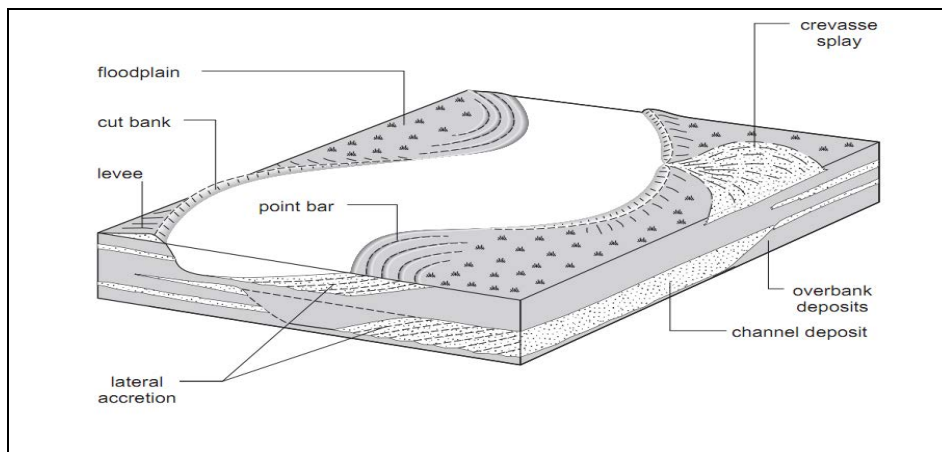


Figura 4 – Esquema de um sistema deposicional meandrante. Modificado de Nichols (2009)

Uma seção estratigráfica típica de sistemas fluviais meandrantes é composta por uma sucessão de areias com granocrescência descendente, com contato erosivo na base, sobre lamitos de planície de inundação ou depósitos do tipo *oxbow lake*. Observam-se sucessões de preenchimento de canal com estratificações cruzadas e laminações cruzadas acanaladas (Figura 5). Nas barras, a acreção lateral ocorre perpendicularmente às estratificações cruzadas.

Sobrepostas às sequências de preenchimento de canal podem ser observadas lamas e areias finas, além de solos orgânicos, ou outro ciclo de preenchimento de canal, ou de amalgamento de canais.

Nesses sedimentos finos são encontrados os maiores potenciais para preservação de microfósseis, como raízes e folhas de plantas vasculares; Fernandes (1997) observou impressões de folhas da família *Typhaceae* em sedimentos finos da Formação Rio Claro na região de Paulínia.

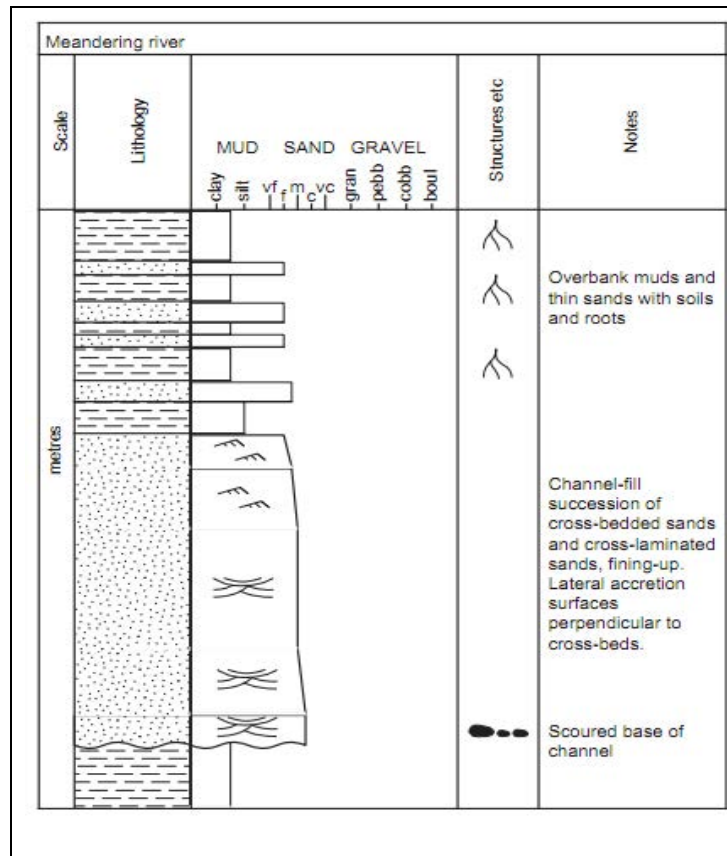


Figura 5 – Perfil litofaciológico típico de sistemas fluviais meandranes. Modificado de Nichols (2009)

Entretanto, ressalta-se que em um típico ciclo de granocrescência descendente (FUp) como no caso do sistema fluvial meandrante, é possível que estejam preservadas apenas as areias médias a grossas/argilosas da coluna, representando em termos sedimentológicos uma agradação das fácies de canal maior do que sua migração lateral.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Contextualização teórica

Alberto (2010) aponta que atualmente o mercado brasileiro dispõe de uma infinidade de estudos ambientais deficientes quanto à quantidade e qualidade das informações necessárias para uma boa caracterização dos problemas ambientais. Tais deficiências técnicas resultam em problemas gerenciais e podem desencadear contaminações de áreas sensíveis e assim grandes impactos ambientais.

Tal deficiência atualmente é observada na ausência da caracterização da heterogeneidade inerente a sistemas deposicionais. Lee *et al.* (2007) e Alberto (2010) ressaltam que o arcabouço hidrogeológico exerce forte controle sobre o fluxo em aquíferos e, conseqüentemente, sobre o transporte de contaminantes.

Sharp *et al.* (2003), considerando sistemas fluviais, afirmam que além de refletirem seu ambiente deposicional, as fácies definem tendências, dimensões, conectividades e heterogeneidades internas aos aquíferos clásticos. Sendo assim, conclui-se que aquíferos heterogêneos apresentam variabilidade espacial de parâmetros hidrogeológicos importantes como permeabilidade e transmissividade, causadas por variações texturais nos sedimentos.

Estes autores propõem a definição de três tipos de heterogeneidade (*layer cake*, *jigsaw puzzle* e *labyrinth*), os quais embutem o grau de complexidade geológica em função da origem do sistema deposicional. Os modelos podem ser observados na figura 6.

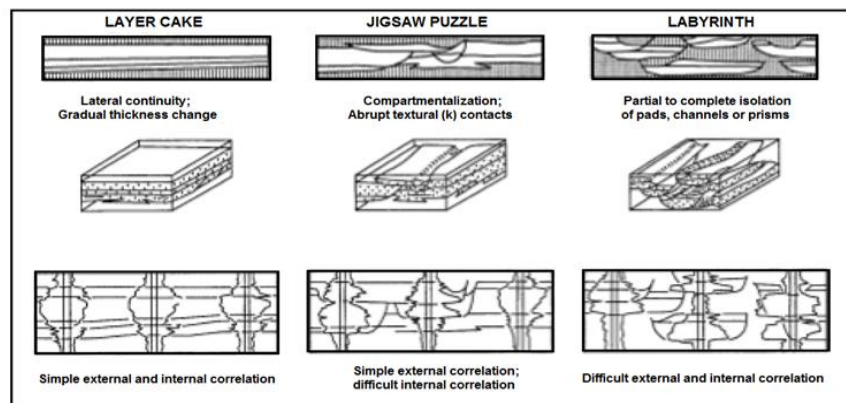


Figura 6 - Tipos de heterogeneidade em função do sistema deposicional. Modificado de Sharp *et al.* (2003)

Considerando que só é possível amostrar “pontualmente” um sistema deposicional com respeito às litologias que o constituem, seja por métodos de superfície ou subsuperfície, é praticamente impossível saber qual o real arranjo estratigráfico que se tem, de tal modo que a modelagem numérica pode auxiliar nesta questão.

4.2 Modelos estocásticos de arcabouço estratigráfico

A caracterização estratigráfica estocástica deve contar com a integração de dados de campo (*hard data*) e provenientes de modelos geológicos conceituais (*soft data*), de modo que seja possível considerar as possibilidades geológicas mais plausíveis (LEE *et al.* 2007; FOGG *et al.* 2008; ALBERTO, 2010).

Sharp *et al.* (2003) afirmam que todas as escalas de estruturas heterogêneas inerentes ao sistema aquífero fluvial complexo podem ser descritas qualitativa e quantitativamente, sendo possível interpolar as informações e prever sua disposição conforme o sistema deposicional, além de ser possível considerar mudanças impostas pela diagênese ou fraturamento. O somatório de todos estes fatores reflete diretamente sobre os valores de condutividade hidráulica das unidades que compõem o aquífero heterogêneo.

Bridge (2006) afirma que o índice de conectividade entre fácies de canal pode ser medido pela proporção de depósitos de canal (CDP em inglês); quando o valor for menor que 0,40, a maioria dos depósitos de canal não estará conectada, e quando acima de 0,75, todos os canais estarão conectados.

O índice se baseia nas frequências de distribuição dos comprimentos ou larguras das fácies de canal *versus* os comprimentos ou larguras das fácies de planície de inundação. Com isso se obtém uma curva bimodal, em que o maior pico representa a quantidade de canais não conectados, e o menor, os canais conectados.

Seguindo a linha de raciocínio de Bridge (2006), conclui-se que a integração de dados coletados em campo a um modelo sedimentar pautado em dados sedimento-estratigráficos confiáveis é fundamental para uma boa caracterização estocástica, dado que os modelos gerados são todos matematicamente possíveis e possuem iguais chances de representarem a

realidade. Neste sentido, os critérios geológicos são capazes de identificar quais modelos são mais realistas, ou próximos de um modelo determinístico confiável.

4.2.1 Cadeias de Markov

Por definição, uma cadeia de Markov é um modelo probabilístico que exhibe um tipo especial de dependência, onde, dado um estado presente, o futuro não depende do estado passado. Sua formulação pode ser abordada da seguinte maneira: sendo $Z_0; Z_1; Z_2; \dots; Z_n$ uma sequência de variáveis aleatórias, que assumem valores no espaço-estado $\{S_1; S_2; \dots; S_n\}$, a sequência será uma cadeia de Markov, ou um processo de Markov se

$$\begin{aligned} \Pr(Z_i = S_k \mid Z_{i-1} = S_l; Z_{i-2} = S_n; Z_{i-3} = S_r; \dots; Z_0 = S_p) \\ = \Pr(Z_i = S_k \mid Z_{i-1} = S_l) =: p_{lk} \end{aligned}$$

Onde o símbolo “|” é a probabilidade condicional.

Em problemas unidimensionais, uma cadeia de Markov é descrita por uma única matriz de transição de probabilidade. Probabilidades de transição correspondem a frequências relativas de transições de um certo estado para outro. Essas probabilidades de transição podem ser arranjadas na forma de uma matriz quadrada:

$$p = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdot & \cdot & p_{1n} \\ p_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & p_{lk} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{n1} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{nn} \end{bmatrix}$$

de tal modo que p_{lk} denota a probabilidade de transição de um estado S_l para um estado S_k , e n é o número de estados possíveis no sistema.

A matriz p deve apresentar propriedades específicas: (1) seus elementos não podem ser negativos, mas sim maiores ou iguais a zero; e (2) os elementos de cada fileira devem somar 1,0.

$$\sum_{k=1}^n p_{lk} = 1$$

As probabilidades de transição consideradas são denominadas transições de único passo. É possível considerar transições com N passos, o que significa que a transição de um estado para outro se dá em N passos. Tal matriz pode ser obtida multiplicando a de passo-único por ela mesma N vezes, o que devido às propriedades de aperiodicidade e irreducibilidade leva à obtenção de fileiras idênticas, de tal modo que se têm probabilidades estacionárias, em que os estados futuros não dependem do estado inicial S_i (ELFEKI & DEKKING, 2001).

Esses autores ainda afirmam que é possível utilizar cadeias de Markov acopladas, que descrevem o comportamento conjunto de sistemas independentes, cada um evoluindo de acordo com as leis clássicas para cadeias de Markov unidimensionais.

Tal técnica pode ser empregada para construção de um processo estocástico bidimensional em uma célula $Z_{i,j}$, dadas as duas cadeias unidimensionais acopladas (X_i e Y_j). Os materiais geológicos podem ser codificados em números, de modo que um “estado” equivale a uma litologia, por exemplo. Assim tem-se uma cadeia que descreve sua probabilidade de transição na direção horizontal e outra na vertical.

A matriz de probabilidade de transição entre um tipo de litofácies e outro pode ser utilizada para simular sequências sedimentares em uma, duas ou até três dimensões (CARLE *et al.*, 1998; ELFEKI & DEKKING, 2001).

4.2.2 Metodologia T-PROGS

A qualidade e confiabilidade de simulações de fluxo e transporte dependem fundamentalmente do modelo de arcabouço que hospedará os fluidos, o que se consegue por meio de modelagem geoestatística dos dados de sondagens SPT, geofísicas etc.

A geoestatística tradicional baseia-se fundamentalmente na teoria das variáveis regionalizadas, em que a variabilidade no espaço de um dado parâmetro físico pode ser descrita em termos probabilísticos com dependência espacial em relação aos dados disponíveis. Com técnicas como a krigagem, por exemplo, é possível caracterizar corpos de minério e quantificar o grau de incerteza associado.

A partir dos dados disponíveis, estima-se o valor da variável em um ponto y , a partir de um valor conhecido em x . O valor em y é função do valor em x e da distância que os separam – h –, ou o *lag* ($x+h$). Tais cálculos fornecem a função variograma, para a qual existem soluções e modelos teóricos aos quais se ajustam o variograma experimental, obtido a partir dos dados que se dispõe.

$$2\gamma(\mathbf{h}) = \mathbf{E}\{[Z(\mathbf{x}+\mathbf{h}) - Z(\mathbf{x})]^2\}$$

Onde a função variograma $[2\gamma(\mathbf{h})]$ é igual a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço $[Z(\mathbf{x})]$ separados por uma distância h .

A definição de variograma pode ser encontrada em Landim (2003), de onde se depreende que a interpretação do variograma permite obter parâmetros que descrevem o comportamento espacial das variáveis regionalizadas.

Em hidrogeologia estocástica, a função aleatória multivariada Gaussiana é comumente utilizada para modelar a variabilidade espacial do logaritmo da condutividade hidráulica (GOMÉZ-HERNANDÉZ & XIAN-HUAN, 1998). Esses autores atribuem a este uso o fato de que o modelo multi-Gaussiano é atraente do ponto de vista matemático, por ser inteiramente caracterizado por um valor esperado e uma função de covariância ou matriz, sendo matematicamente simples e permitindo inferências facilmente.

Gómez-Hernández & Xian-Huan (1998) apontam que dados de campo podem dar suporte a uma distribuição Gaussiana univariável de $\log-K$, o que não implica em distribuições multivariadas, as quais podem compartilhar o mesmo histograma Gaussiano e até as mesmas funções de covariância.

Dada esta limitação, Lee *et al.* (2007) mostraram que, para modelar sistemas aquíferos com elevado grau de heterogeneidade, a simulação geoestatística Gaussiana é ineficiente.

Fogg *et al.* (1997) e Lee *et al.* (2007) concordam que a geoestatística convencional Gaussiana pode ser utilizada para modelar como varia o parâmetro K internamente às fácies, pois esta assume um meio contínuo, ao contrário do cenário da justaposição de fácies complexa observada em sistemas aquíferos aluviais. Sendo assim, o melhor método para modelar a variabilidade espacial dos diferentes materiais é a metodologia da probabilidade de transição.

Carle e Fogg (1996, 1997) e Carle *et al.* (1998) desenvolveram uma abordagem alternativa à tradicional, baseada em probabilidade de transição, para modelar estatisticamente a variabilidade espacial da correlação cruzada de fácies. A abordagem baseia-se na representação da estrutura espacial com a probabilidade de transição t , em lugar do variograma ou covariância, de tal modo que:

$$t_{jk}(\mathbf{h}) = \Pr \{k \text{ ocorre em } \mathbf{x} + \mathbf{h} \mid j \text{ ocorre em } \mathbf{x}\}$$

onde k e j referem-se às categorias ou unidades hidrofaciológicas; \mathbf{x} é um vetor de localização espacial, e \mathbf{h} é um vetor de separação (*lag*) ou passo.

Carle & Fogg (1996) afirmam que é possível quantificar estimativas subjetivas de parâmetros categóricos (comprimento médio, padrões de justaposição e assimetrias, como ciclos de granodecrescência etc.), traduzindo-as em modelos de continuidade espacial por meio da metodologia da probabilidade de transição.

Deutsch & Journel (1992) *apud* Carle & Fogg (1996) afirmam ainda que a interpretação subjetiva é o que torna um modelo bom, pois os dados são raramente suficientes. Neste sentido, torna-se imprescindível incorporar informações de modelos geológicos e inferidas pelo modelador aos modelos matemáticos, o que é possível com o pacote T-PROGS.

A análise por meio da metodologia T-PROGS também depende dos resultados obtidos por meio de cálculos matriciais de probabilidade de transição na direção vertical das cadeias de Markov, os quais tornam possível a modelagem espacial dos atributos geológicos observáveis (comprimentos médios, proporção de litologias, anisotropia e justaposição), utilizando o modelo matemático das cadeias de Markov (ALBERTO, 2010).

Esse autor afirma ainda que a aplicação do método T-PROGS tem por objetivo avaliar modelos estratigráficos e simulações estocásticas em conjunto, para assim obter-se um modelo hidrogeológico preciso, que possa representar melhor as condições reais observadas em campo.

4.2.3 Modelagens do arranjo estratigráfico

Dispondo-se de dados como descrições de furos de sondagem, como no caso de estudo, é possível plotar tais informações em uma malha tridimensional regular, georreferenciada no programa GMS 6.5, e posteriormente interpolar as informações por meio da metodologia T-PROGS.

A variável regionalizada a ser interpolada é a litologia, a qual foi aqui definida em três litofácies, ou unidades hidrofaciológicas. Por intermédio de cálculos de probabilidade de transição, segundo o algoritmo das Cadeias de Markov, o pacote T-PROGS realiza *n* simulações do arcabouço estratigráfico nas três dimensões, a partir da variabilidade observada nas sondagens SPT na direção vertical.

4.3 Materiais utilizados

Para a realização deste estudo foram utilizados dados disponíveis para a região de Paulínia (SP), obtidos de trabalhos pretéritos desenvolvidos pela equipe do Laboratório de Estudos de Bacias (LEBAC - DGA/IGCE).

A área de estudo dispõe de um banco de dados geológicos que consiste de sondagens SPT com descrições litológicas. São 140 poços com profundidade média em torno de 20 m, distribuídos não uniformemente no polígono definido (Figura 7).

Durante esses trabalhos foram descritas diversas litologias em campo e em testemunhos de 140 poços, além das informações obtidas a partir das sondagens SPT conduzidas na área estudada. Com base em análises granulométricas das amostras coletadas, foram identificadas cinco unidades litofaciológicas na área: a) silte argiloso; b) argila arenosa; c) areia argilosa ; d) areia média a grossa e e) siltito (lamito). As curvas granulométricas obtidas encontram-se no anexo 1.

Dessas unidades, foram agrupadas as duas primeiras e a última, gerando o material denominado K_1 , correspondente aos materiais finos em geral e de planície de inundação (a + b + e). As unidades “c” e “d” foram denominadas na modelagem como K_2 e K_3 , e correspondem às de arrombamento de canal e fácies de canal, respectivamente.

Para as modelagens, foi delimitada uma área de aproximadamente $0,74 \text{ km}^2$ em um *site* contaminado por hidrocarbonetos na região de Paulínia, interior do estado de São Paulo (Figura 7).

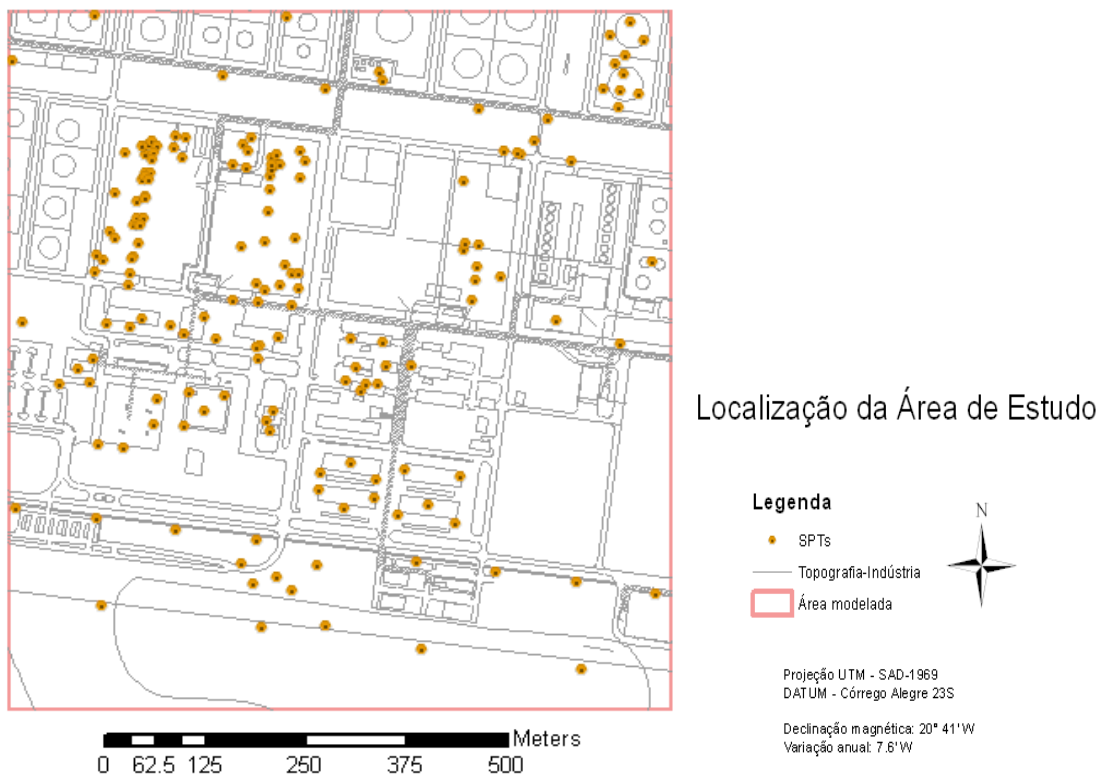


Figura 7 - Mapa da área de estudo, com indicação dos furos de sondagem.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O fluxograma da figura 8 sintetiza a metodologia empregada no presente estudo.

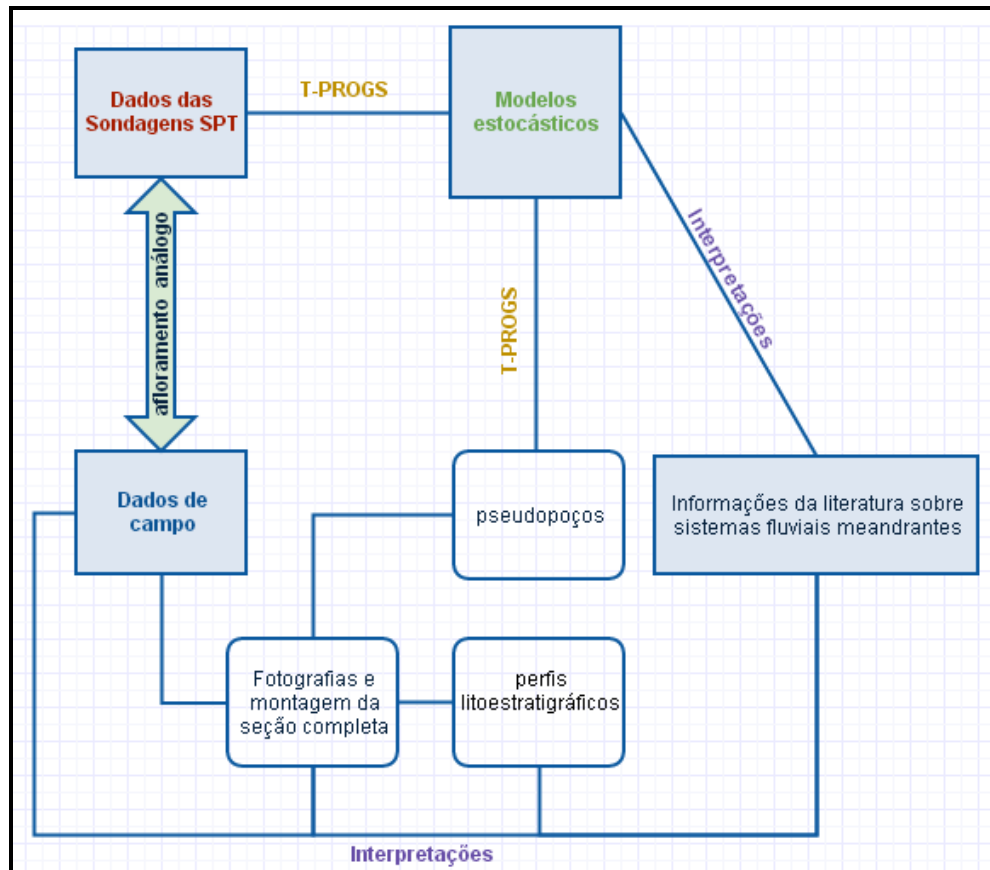


Figura 8 – Diagrama sintetizando a metodologia empregada e as atividades desenvolvidas que embasaram as interpretações e conclusões formuladas.

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico para a fundamentação teórica do método geostatístico utilizado e para o registro do estado da arte do conhecimento geológico acerca da Formação Rio Claro na região de Paulínia, além de revisão da literatura básica acerca de sistemas deposicionais fluviais.

Em seguida, foram tratados os dados disponíveis no banco de dados do LEBAC, associando dados de sondagens SPT com descrições litológicas e análises granulométricas feitas pela equipe do LEBAC e empresa terceirizada, durante diferentes fases de investigação da área de estudo.

As informações disponíveis passaram então por tratamento geoestatístico, tendo sido conduzidos procedimentos de padronização dos dados das sondagens SPT para alimentar o aplicativo T-PROGS. Utilizando-se esse aplicativo, foi possível prever a variação lateral das fácies pelo método das cadeias de Markov, com base no comprimento médio estimado de fácies, em modelos geológicos conceituais para sistemas fluviais e por analogia com observação de afloramento.

À semelhança do trabalho conduzido por Weissmann & Fogg (1999), as probabilidades de transição para as tendências de justaposição de fácies foram estimadas pelo *software* e analisadas aplicando-se a Lei de Walther, dados de modelos conceituais, e informações obtidas em trabalhos de mapeamento prévios.

Foram gerados 100 modelos estocásticos do arcabouço estratigráfico da área de estudo, por meio da metodologia de probabilidade de transição (T-PROGS). A partir desses modelos estocásticos igualmente prováveis, discutiu-se quais realizações (modelos numéricos individuais) seriam mais condizentes com a realidade geológica da área, com base na observação de feições de arquitetura de fácies correlacionáveis a modelos conceituais de sistema fluvial meandrante.

As feições identificadas foram canais alongados na direção E-W na porção norte e, em alguns casos, também na porção sul, e o amalgamento de depósitos de canais e de meandros abandonados em uma *matriz* de depósitos de planície de inundação. Ressalta-se que não foram discretizadas fácies de rompimento de dique marginal (*crevasse splay*), considerando que, na simplificação do número de litofácies modeladas, os siltes e areias finas a muito finas que compõem este elemento arquitetural não aparecem nas simulações, estando contidas nas fácies de planície de inundação – lamitos (em verde nos modelos).

Numa outra etapa, foram conduzidos trabalhos de campo para coleta de dados de afloramento análogo, para suporte às interpretações dos resultados obtidos na etapa anterior. Nesta etapa, o afloramento foi fotografado em detalhe e as fotografias foram utilizadas em uma montagem, a qual possibilitou a construção de pseudo-poços no formato que atende a exigência do *software*. Assim, foram adicionalmente gerados 50 modelos estocásticos do arcabouço estratigráfico a partir de dados de campo. Um afloramento no km 129 da rodovia

Cosmópolis-Paulínia foi amostrado, descrito e fotografado, o que permitiu uma montagem digital da seção completa com alta resolução.

Sobre esta montagem foram desenhados perfis litoestratigráficos, com o propósito de avaliar a correspondência entre os resultados das simulações obtidas com o aplicativo T-PROGS e os dados de sondagens SPT e de campo, além de facilitar a análise estratigráfica que norteou a seleção de modelos representativos.

5.1 Análise e integração dos bancos de dados

As descrições originais das sondagens SPT foram feitas por empresa terceirizada; tais informações foram padronizadas com base em análises granulométricas prévias realizadas no LEBAC. Dentre as cinco litofácies definidas dessa forma, consideraram-se apenas três unidades hidrofaciológicas, denominadas K_1 , K_2 e K_3 na elaboração do modelo com o programa GMS 6.5. A Unidade K_1 agrupa as fácies compostas por silte, silte argiloso e argila arenosa, constituindo essencialmente um lamito; corresponde a fácies de planície de inundação, agrupando ainda as fácies de rompimento de dique marginal (*crevasse splay*). As fácies K_2 (areia argilosa) e K_3 (areia média a grossa) representam, respectivamente, arenitos de fácies de canais de mais baixa e de mais alta energia.

Os dados disponíveis constam de planilhas Excel e contêm as descrições litológicas das sondagens. Para alimentar o *software* GMS 6.5 foi necessário padronizar as informações em um arquivo “.txt” em formato de tabela, em que são especificados a referência espacial e os materiais – variáveis regionalizadas que correspondem às litologias. O modelo da planilha em extensão “.txt” pode ser verificado no anexo 2.

5.2 Sondagens

As sondagens foram plotadas em um *grid* georreferenciado de dimensões 850 m x 875 m x 20 m, nas direções X, Y e Z, respectivamente. Sua origem no sistema de projeção UTM (*Datum* SAD 1969, zona 23, 48 – 42W) encontra-se representada na tabela 1. As células possuem dimensões aproximadas nas direções X-Y-Z da ordem de 6,0 m x 6,0 m x 0,50 m,

maior resolução permitida pelo *software* para o modelo; os dados foram interpolados em 817.600 células.

Tabela 1 - Configuração do *grid* dos modelos.

Eixo	Comprimento do eixo	Origem do eixo	Nº de células ao longo do eixo
X	850 m	280450	140
Y	875 m	7484325	146
Z	20 m	570	40

Os dados de poços foram plotados seguindo a padronização das fácies, separadas em três unidades hidofaciológicas: lamito, areia argilosa e areia média a grossa. A disposição espacial das fácies observadas nas sondagens encontra-se representada na figura 9.

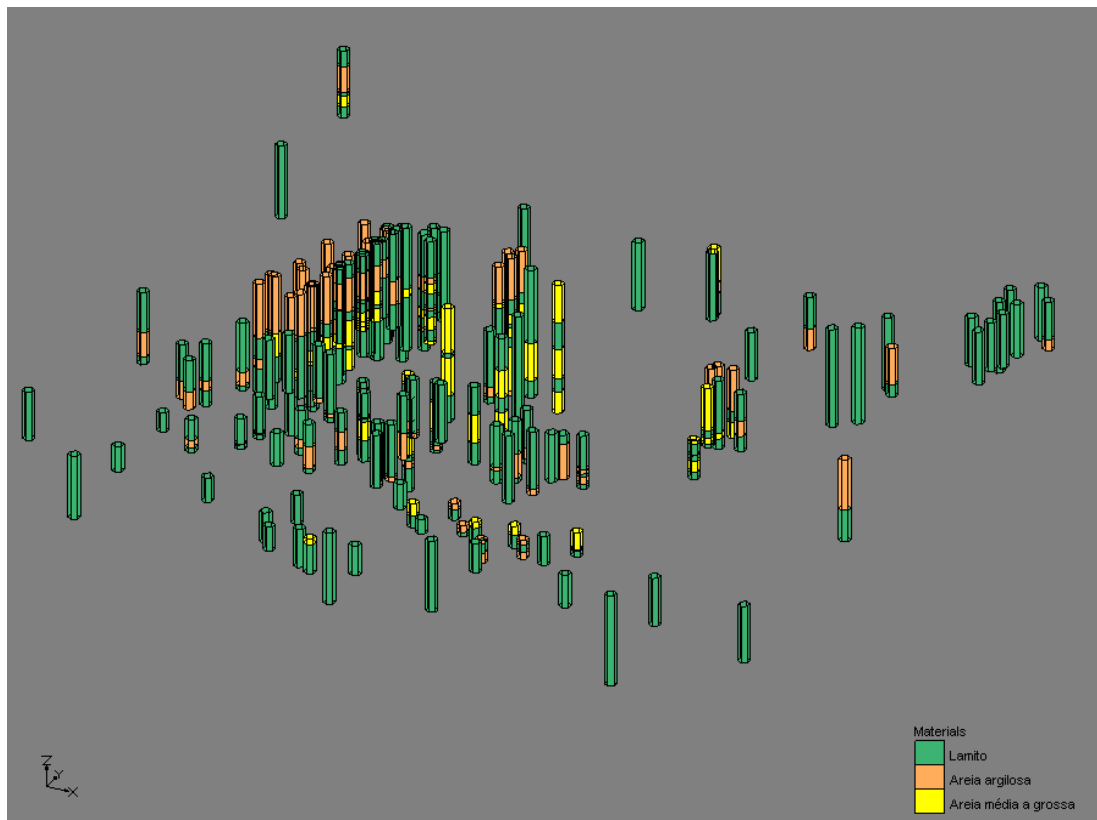


Figura 9 - Disposição espacial das sondagens SPT padronizadas para a modelagem (Visualização com exagero vertical 5,0). Norte indicado pelo eixo Y.

5.3 Modelagem estocástica do arcabouço estratigráfico

Nesta etapa criou-se um *grid* com dimensões tais que abarcassem as sondagens a serem interpoladas, englobando todas aquelas entre as cotas 570 m e 590 m, de modo a não sobraem grandes espaços vazios dentro do *grid* e para aumentar a precisão e a confiabilidade das simulações.

O *grid* foi criado atribuindo-se um valor de origem para os eixos X, Y e Z e definindo os comprimentos de cada eixo, além do número de células em cada eixo. Foram tentados diversos números de células, de modo que quanto maior, também maior resolução os modelos teriam. Constatou-se que o *software* tem um limite operacional em torno de 850.000 células e, sendo assim, a maior resolução que foi possível atingir foi de 6 m x 6 m x 0,5 m em cada célula.

Priorizou-se um maior detalhe na direção vertical para que fosse possível simular a variação faciológica disponível nas sondagens que se encontram em torno desse grau de resolução (sendo de aproximadamente de 30 cm a 50 cm as menores lentes arenosas intercaladas em matriz lamítica).

Numa etapa seguinte foi utilizado o aplicativo T-PROGS, com a seleção da guia “*borehole data*”, que contém as sondagens plotadas. O *software* reconhece qual o material mais abundante e constrói as matrizes de transição em função do material de *background* mais abundante.

O passo seguinte consistiu em computar o *lag* da probabilidade de transição de um material para outro, de modo similar ao de um variograma, pelo algoritmo das Cadeias de Markov. É possível escolher o valor do *lag* sabendo-se que, quanto menor, mais tempo o *software* levará para processar os dados e mais fácil e preciso será o ajuste gráfico das curvas de probabilidade de transição àquelas produzidas pela aplicação das Cadeias de Markov.

Dentre as opções oferecidas pelo *software* existem aquelas que permitem editar os valores obtidos na computação das matrizes de transição, que é o caso mais adequado quando se tem controle na obtenção dos dados brutos. O estudo se utilizou de dados de sondagens SPT, padronizadas; a opção de ajuste das curvas mais adequada foi a “*fit curves to a discrete lag*”, em que é feito o ajuste gráfico visualmente, como ilustrado na figura 10.

Após calcular todas as probabilidades de transição na direção vertical, o *software* calcula as probabilidades de transição nas outras duas dimensões horizontais. Utilizando a opção automática “*by default*” do *software*, escolheu-se efetuar a computação em função das “razões dos comprimentos das lentes”, tanto para a direção X quanto para a direção Y.

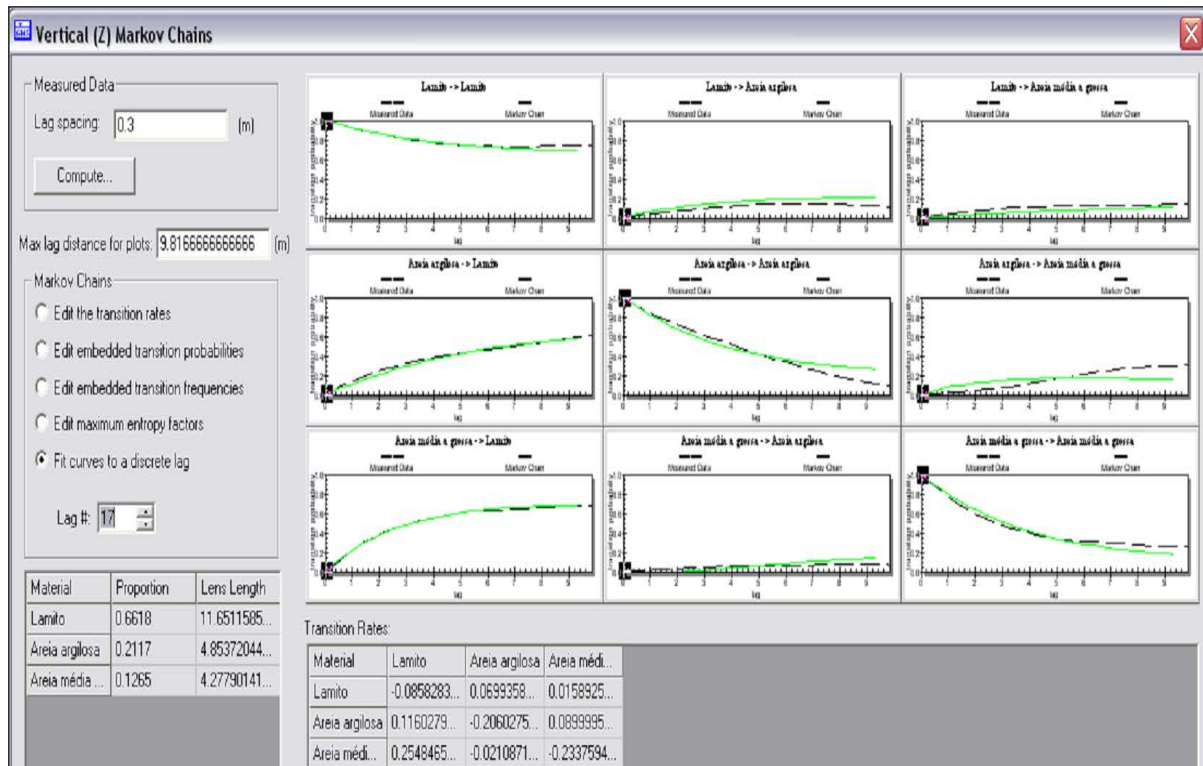


Figura 10 – Ajuste gráfico das curvas de probabilidade de transição às matrizes produzidas pelas Cadeias de Markov.

Realizadas essas etapas, procedeu-se à utilização do aplicativo TSIM, que define quantas interações de probabilidade de transição de um elemento finito para outro (de uma célula do *grid* para a outra) serão realizadas, considerando um máximo de cinco, que foi a opção adotada. Nesta etapa definiram-se quantas realizações, ou seja, quantos modelos seriam feitos. Foram feitos 100 modelos/simulações, gerando *material sets* que são representados pelas fácies lamito, areia argilosa e areia média a grossa.

Se o número de células exceder certo valor limite, o aplicativo TSIM não “roda” e, caso seja próximo do limite, o tempo para computar todas as probabilidades de transição em cada célula do *grid* será o máximo, também em função do número de materiais (litofácies) a serem interpolados. Neste trabalho, simplificou-se de cinco para três as unidades

faciológicas, de modo a viabilizar a operação, que demorou aproximadamente 20 horas para gerar os 100 modelos com sucesso.

5.4 Avaliação e seleção dos modelos

Nesta etapa do trabalho foram avaliadas e selecionadas quais das 100 simulações realizadas pelo aplicativo T-PROGS são mais próximas de modelos conceituais de sistemas fluviais meandrantos. Utilizando-se deste critério, esperava-se ter um indicativo da aplicabilidade do método e qualidade dos resultados obtidos ao simular heterogeneidades do arcabouço geológico sedimentar.

Todas as simulações foram submetidas a uma análise visual sistemática buscando observar a presença ou ausência de determinadas feições-critério comuns a um número expressivo de simulações.

As feições consideradas nessa análise foram: a) canal alongado na direção E-W a norte da área; b) canal alongado na direção E-W a sul da área; c) amalgamento de canais e retrabalhamento na face oeste do modelo; d) amalgamento de canais e retrabalhamento na face leste do modelo; e e) amalgamento de canais e retrabalhamento na face norte do modelo. As feições foram observadas sistematicamente desde as camadas superficiais até 2 metros na vertical, para a vista em planta, e até 30 metros nas faces laterais norte, oeste e leste.

Cada feição-critério considerada foi observada individualmente em todas as simulações, e a presença ou ausência de tais feições foram tabeladas. Esta seleção sistemática teve por objetivo eleger aquelas simulações que melhor ilustram o sistema deposicional considerado.

Numa primeira etapa de triagem, observou-se que apenas 5% das simulações não apresentavam as feições-critério de modo evidente, e que 19% mostravam tais feições apenas no bordo leste, ao passo que em 18% das simulações não se observam nitidamente a feição retrabalhamento no bordo W ou E, mas apresentam evidências de amalgamento de canais. Logo na etapa de triagem, 58% das simulações apresentaram, de modo evidente, as feições-critério estipuladas. Na segunda etapa reduziu-se o número de simulações elegíveis de 95 para 78, escolhendo-se apenas 10 daquelas pertencentes aos conjuntos de 19% e 18% mencionados, que não apresentavam todas as feições-critério.

Numa segunda etapa pós-triagem observou-se que, das 100 simulações, 78 apresentavam as feições (a), (c), (d) e (e). A tabela 2 resume a frequência das feições utilizadas na etapa de triagem.

Tabela 2 – Frequência das feições-critério observadas na etapa de triagem, considerando todas as 100 simulações

Feição-critério	Canal E-W na porção norte	Amalgamento e retabralhamento de canais (W)	Amalgamento e retabralhamento de canais (E)	Amalgamento e retabralhamento de canais (N)
Frequência	77%	86% e 78%, respectivamente	78% e 75%, respectivamente	55% para ambas as feições

Nesta etapa reduziu-se de 78 para 55 o número de simulações elegíveis para ilustrar e fomentar a discussão dos resultados, tendo sido a feição “e” (amalgamento e retrabalhamento de canais o no bordo norte) o critério decisivo, dado que todas as 78 anteriores são bons modelos no sentido em que se assemelham a modelos de depósitos fluviais meandrantés.

Numa etapa posterior reduziu-se o número de simulações a serem discutidas de 55 para 21, utilizando como critério a presença do canal E-W no bordo sul da área, juntamente com a presença de todas as outras feições-critério. O último critério utilizado foi justamente o canal do bordo sul, por ser frequente em apenas 38% do total de 100 simulações, e em 40% do total de 78 simulações da primeira triagem.

Tais procedimentos foram adotados de modo que nenhuma simulação fosse desconsiderada na análise estratigráfica da Formação Rio Claro na área de estudo. Entretanto, ressalta-se que todos os modelos são possíveis representações da realidade do contexto deposicional, e para um estudo da hidrogeologia do local, por exemplo, todos os padrões de heterogeneidade faciológica devem ser considerados.

5.5 Análise de afloramento análogo

Foi realizada uma coleta de dados de campo no quilômetro 129 norte da Rodovia General Milton Tavares de Souza, que liga Cosmópolis a Paulínia, onde se encontra um afloramento que apresenta a arquitetura de fácies considerada neste trabalho.

Neste local foram coletadas amostras das quatro litofácies existentes, análogas àquelas descritas na área de estudo pelas sondagens SPT, e posteriormente analisadas por meio de ensaios de granulometria conjunta.

Outra atividade conduzida em campo foi o registro fotográfico detalhado, que permitiu a construção de um banco de dados com imagens de detalhe e panorâmicas do afloramento. Estas imagens foram utilizadas em uma montagem, formando um mosaico do afloramento e dando a visão panorâmica sem perdas consideráveis de resolução.

A partir da montagem realizada, foram construídos perfis litoestratigráficos para evidenciar as texturas e estruturas sedimentares existentes. Foram gerados ainda pseudopoços que foram registrados no formato dos dados das sondagens SPT (tabulações em “.txt”) e com eles, foram gerados 50 modelos estocásticos do afloramento, de modo a estabelecer comparações com os produtos obtidos na modelagem das sondagens SPT.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Correlações das unidades litofaciológicas descritas

É possível estabelecer correlações entre as descrições obtidas por Melo (1995) e Fernandes (1997) e os dados obtidos nas sondagens SPT realizadas na área. As correlações foram estabelecidas em função dos ambientes deposicionais interpretados pelos autores e pelas texturas entre fácies, como pode ser observado na tabela 3.

Atendendo a propósitos operacionais, os materiais das sondagens SPT foram agrupados em três litofácies, equivalentes a três unidades hidrofaciológicas: K₁ (silte/lama/silte argiloso/argila arenosa - fácies de planície de inundação), K₂ (areia argilosa - fácies de canal de menor energia), K₃ (areia média a grossa - fácies de canal).

Ressalta-se, entretanto, que as escalas de trabalho em Melo (1995) e Fernandes (1997) são diferentes, além de não coincidirem espacialmente. Ambos concordam com a hipótese de os sedimentos serem produtos de processos fluviais meandrantés; o mesmo é atestado por Fernandes & Mello (2004), e, neste caso, é possível estabelecer correlações faciológicas em função dos ambientes interpretados pelos autores (canal, barras de pontal, planície de inundação etc.)

Fernandes (1997) aponta que na região de Paulínia a fácies Si é bastante espessa (cerca de 10 m). Esta fácies, que se correlaciona com a fácies Trcm de Melo (1995), tem grande extensão lateral ao longo da área de estudo e corresponde à fácies de planície de inundação. Na correlação com os dados disponíveis das sondagens SPT, utilizou-se apenas Fernandes (1997), dada sua proximidade espacial com a área modelada.

Tabela 3 - Correlação de fácies da Formação Rio Claro, conforme descritas por Fernandes (1997) e Melo (1995), e fácies descritas na área de estudo.

Fernandes (1997)	Melo (1995)	Ambiente e processo deposicional
Si e Ag	Trcm	Ambiente lacustre em meandros abandonados (Fernandes, 1997) / Planície de inundação (Melo, 1995)
La	Trcl	Depósitos de fluxos de detritos ou corridas de lama (Fernandes, 1997) / Processos gravitacionais, corridas de lama, coluvionamentos (Melo, 1995).
Ar	Trcc	Arenitos grossos ou médios a finos, conglomerados matriz suportados e lentes de Si (Fernandes, 1997) / Sedimentação de fundo de canal em regime de fluxo superior e barras de pontal. (Melo, 1995)
Fernandes (1997)	SPT	Ambiente deposicional
Si /Ag	K ₁	Ambiente lacustre em meandros abandonados (Fernandes, 1997); Planície de inundação
Ar + Si	K ₃ + K ₁	Arenitos grossos ou médios a finos, conglomerados matriz suportados e lentes de Si (Fernandes, 1997); fácies de canal com intercalações de lamitos

Legenda: Si (siltitos/arenitos muito finos/argilitos), Ar (arenitos quartzosos), Ag (argilitos siltosos), La (lamitos argilosos/arenitos pelíticos); Trcm (depósitos argilosos a silto-argilosos), Trcl (depósitos imaturos resultantes de processos gravitacionais), Trcc (cascalhos); K₁ e K₃ representam a fácies “Lamito” e “Areia média a grossa”, padronizadas a partir dos dados de sondagens SPT na área. Correlação feita utilizando como critérios a definição do ambiente/subambiente deposicional e a textura das fácies. Observação: as localidades estudadas por Melo (1995) e Fernandes (1997) são distintas.

6.2 Modelo sedimentar

Para a área do presente trabalho, considera-se como modelo geológico conceitual aquele estabelecido para a Formação Rio Claro por Melo (1995) e Fernandes (1997), ou seja, o de um sistema fluvial meandrante. Considerando os estilos de heterogeneidade propostos por Sharp *et al.* (2003), é possível afirmar que o arranjo da área de estudo seja algo intermediário entre os modelos *jigsaw* e *labyrinth*.

Nesse contexto deposicional estão presentes fácies de canal, de arrombamento de dique marginal, de planícies de inundação, de meandros abandonados etc. Considerando-se que o próprio leito migra continuamente, com episódios de avulsão maiores, ocorre o retrabalhamento parcial, ou mesmo total do que fora depositado, podendo deixar registro da deposição anterior em contato com depósitos mais recentes.

Tal interpretação é feita a partir dos critérios que marcam os dois estilos. No estilo *jigsaw puzzle*, os estratos com diferentes valores de permeabilidade (K) estão em contato abrupto, o que pode explicar, por exemplo, lentes arenosas de canal em meio a fácies de planície de inundação, ao passo que meandros abandonados em meio à matriz lamítica estão mais relacionados ao modelo *labyrinth*. As figuras 11 e 12, retiradas de Braudrick & Dietrich (2009), ilustram o ambiente fluvial meandrante e a relação entre as fácies nos estilos *jigsaw puzzle* e *labyrinth*, respectivamente.

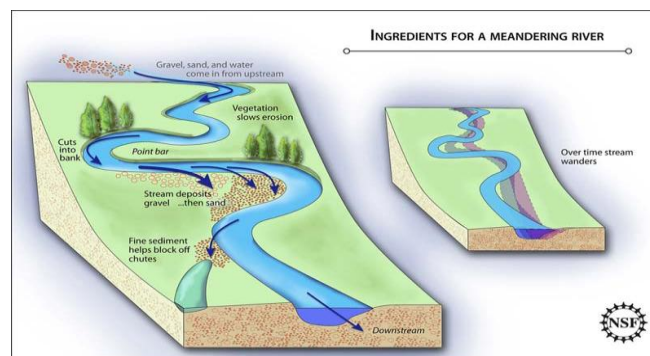


Figura 11 - Sistema fluvial meandrante. Observar dinâmica associada ao estilo *jigsaw puzzle*. Extraída de Braudrick & Dietrich (2009)

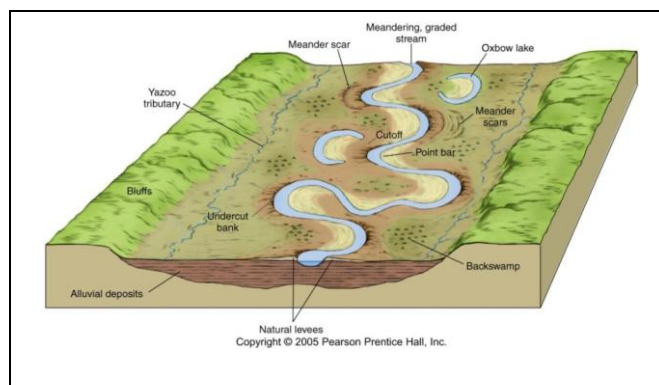


Figura 12 - Sistema fluvial meandrante. Notar grande proporção de finos (fácies de planície de inundação). Extraída de Braudrick & Dietrich (2009)

A figura 11 evidencia a dinâmica responsável pelo estilo de heterogeneidade *labyrinth*, em que depósitos de canal podem ser isolados (abandonados) devido à migração lateral do rio.

Esse modelo mostra a grande proporção de fácies mais finas (lamitos) em relação às de canal, o que acontece na área de estudo, onde cerca de 65% dos sedimentos são lamitos.

Proporcionalmente predominam as fácies mais finas de planície de inundação na área de estudo, mas interpreta-se que sistemas fluviais deste tipo possuam elevado grau de conectividade entre fácies arenosas de canal.

6.3 Dados de campo

O afloramento no quilômetro 129 norte da Rodovia General Milton Tavares de Souza possui feições de arquitetura de fácies típicas de sistemas fluviais meandantes e é representativo da Formação Rio Claro na região de Paulínia (SP). A figura com a montagem do afloramento e os perfis litoestratigráficos constam no Anexo III.

O afloramento é composto por corpos arenosos de textura média a grossa, conglomeráticos, ou de textura mais argilosa e microconglomerática, amalgamados, apresentando agradação lateral e vertical. Os corpos arenosos apresentam-se na forma de canais de espessura decimétrica e extensão lateral métrica. Apresentam coloração amarelo-acastanhada devida à presença de óxidos e hidróxidos de ferro, que podem ocorrer como lentes delgadas de material limonitizado, especialmente em contatos entre fácies de diferentes permeabilidades.

As duas diferentes texturas arenosas estão sobrepostas a lamitos com laminação plano-paralela e leve compactação, com colorações que variam entre amarelo e amarelo-esbranquiçado.

Os arenitos de fácies de canal sobrepõem-se em contato discordante erosivo aos lamitos de fácies de planície de inundação; a base dos arenitos apresenta em geral conformação côncava (base de canal). Os corpos de arenitos de canal mostram erosão entre eventos distintos, com justaposição parcialmente lateral. São observadas estratificações tabulares de baixo a médio ângulo, em geral de pequeno porte, e algumas cruzadas acanaladas, sendo estas menos evidentes que aquelas. Ainda neste contexto de corpos arenosos em forma de canal, observam-se contatos erosivos entre os corpos arenosos.

Na base do afloramento observam-se arenitos finos a siltosos friáveis, de coloração esbranquiçada e avermelhada, apresentando aspecto mosqueado, interpretados como depósitos de *crevasse splay*. Nesta fácies observam-se *ripples* e contato discordante com os lamitos sobrejacentes.

Foram coletadas amostras representativas de todas as litofácies deste afloramento, com as quais procedeu-se à realização de ensaios de granulometria conjunta. Os resultados destas análises encontram-se representados na figura 13.

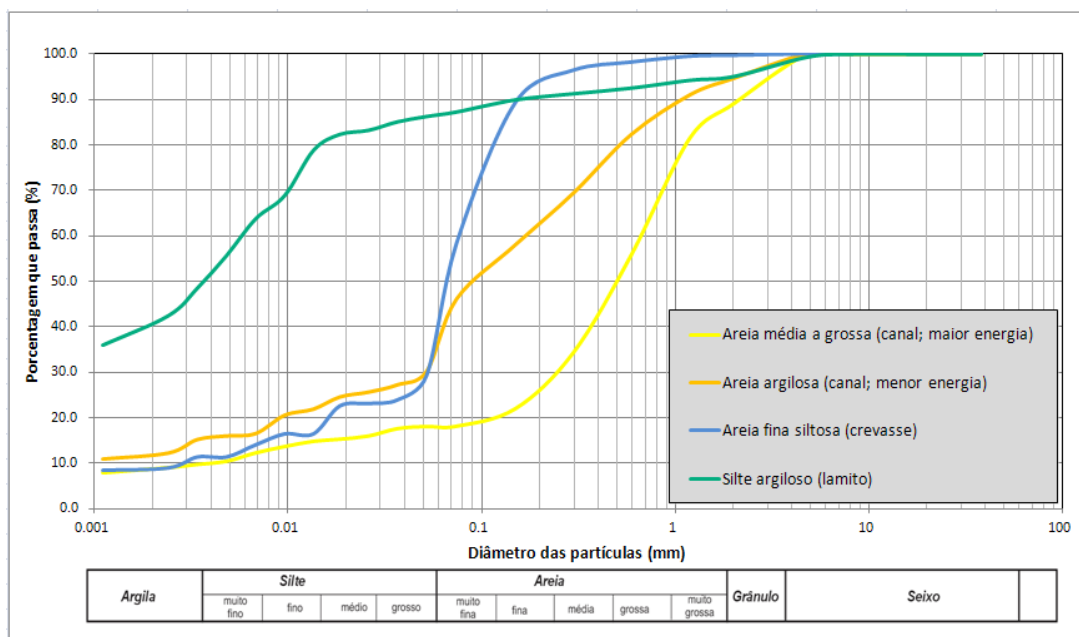


Figura 13 – Curvas granulométricas das litofácies do afloramento estudado. Cores das curvas correspondem às das litologias dos modelos estocásticos, exceto a curva azul, de depósitos de *crevasse splay*, que não foram discretizados na modelagem.

O afloramento estudado foi fotografado para montagem de um mosaico de fotos. Sobre a imagem panorâmica do afloramento foram confeccionados perfis litológicos, com vistas a ilustrar as variações de litofácies descritas. Posteriormente, procedeu-se à simulação de 50 modelos estocásticos do afloramento, utilizando o aplicativo T-PROGS; para tanto, foram interpoladas as informações no próprio plano do afloramento e mais 1,50 m para frente e para trás. A montagem da foto panorâmica e os perfis litoestratigráficos desenhados sobre ela encontram-se no anexo III.

6.4 Modelos estocásticos

Foram gerados modelos estocásticos com dados das sondagens SPT e com dados coletados em afloramento análogo e representativo do sistema deposicional na área de estudo.

6.4.1 Modelos estocásticos utilizando Sondagens SPT

As sondagens SPT (140 furos com profundidade média de 20,0 metros, distribuídos ao longo de uma área de 0,7437 km²) com descrições litológicas foram utilizadas para representar o arcabouço geológico deste estudo.

A partir da padronização das descrições litofaciológicas, procedeu-se ao arranjo dos dados no formato específico de planilha que alimenta o *software* GMS 6.5, um arquivo de tabulação com extensão “.txt”.

Plotadas as sondagens, foi dimensionado um *grid* sobre o qual o aplicativo T-PROGS realizou a interpolação das fácies, simulando contatos abruptos entre os materiais e arquitetura de sistemas deposicionais, valendo-se do algoritmo das Cadeias de Markov.

Com tais dados foram conduzidas modelagens estocásticas, por meio do programa GMS 6.5 desenvolvido por AQUAVEO, utilizando o pacote geoestatístico T-PROGS, de Carle (1999), dentro do aplicativo MODFLOW. A figura 14 ilustra um exemplo de modelo obtido por tal procedimento.

Após realizar as modelagens estocásticas utilizando os dados SPT e integrando-os a modelos conceituais geológicos, levando em conta a dinâmica sedimentar responsável pela formação dos sedimentos estudados, foi possível discutir quais modelos seriam mais coerentes e confiáveis.

Foram gerados 100 modelos do arcabouço estratigráfico, denotando que de fato não existe um único modelo determinístico, mas sim uma gama de modelos estocásticos possíveis para a quantidade de dados disponível.

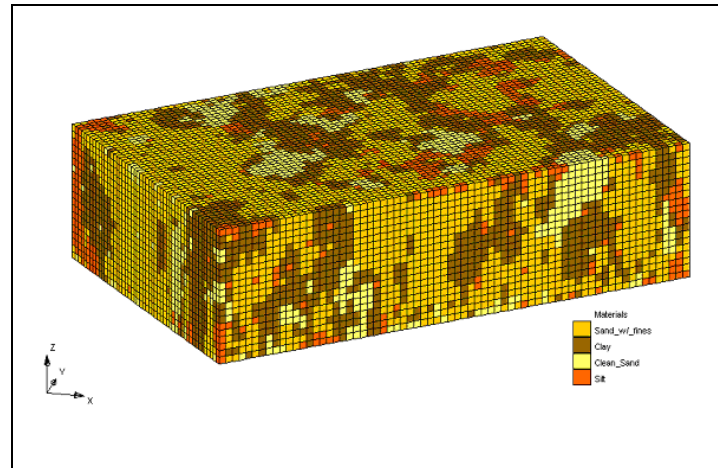


Figura 14 – Exemplo de modelo estocástico obtido pela metodologia T-PROGS.
Extraído de Carle (1999).

Uma visão geral dos modelos gerados permitiu observar feições relacionadas a amalgamento, retrabalhamento de canais e meandros abandonados, imersos em depósitos de planície de inundação.

Esses modelos estocásticos foram analisados em detalhe quanto à presença de tais elementos arquiteturais, de modo a selecionar seis modelos representativos do total de simulações e que melhor ilustram o arranjo de fácies considerando modelos teóricos ideais.

A figura 15 (A, B, C, D, E, F) ilustra seis modelos escolhidos em função da presença de feições-critério típicas de modelos conceituais de sistemas fluviais meandrantés, com vista em planta da face superior do *grid*. A figura 16 (A, B, C, D, E, F) ilustra a face oeste desses seis modelos, e a figura 17 (A, B, C, D, E, F) ilustra visualizações oblíquas desses mesmos modelos.

A legenda dos materiais é constituída por três unidades litofaciológicas: lamas, siltes argilosos e argilas siltosas de planície de inundação; areias argilosas de fácies de canal com menor energia; areias médias a grossas, por vezes conglomeráticas, de fácies de canal em episódios de maior energia.

Tal abordagem visou uma caracterização faciológica tridimensional da área de estudo, em que vários modelos estratigráficos seriam possíveis, resultando assim em vários cenários distintos de arquitetura de fácies.

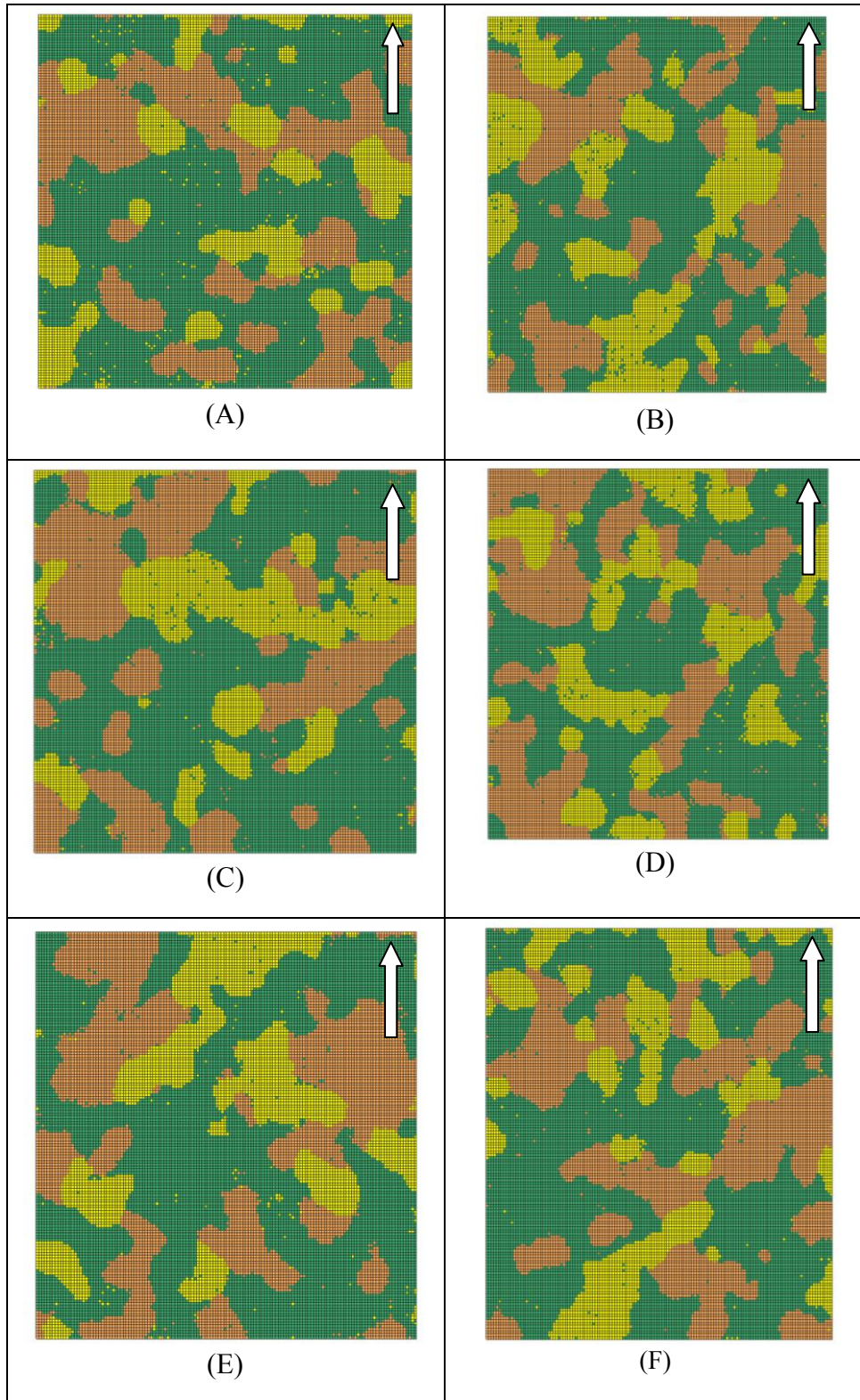
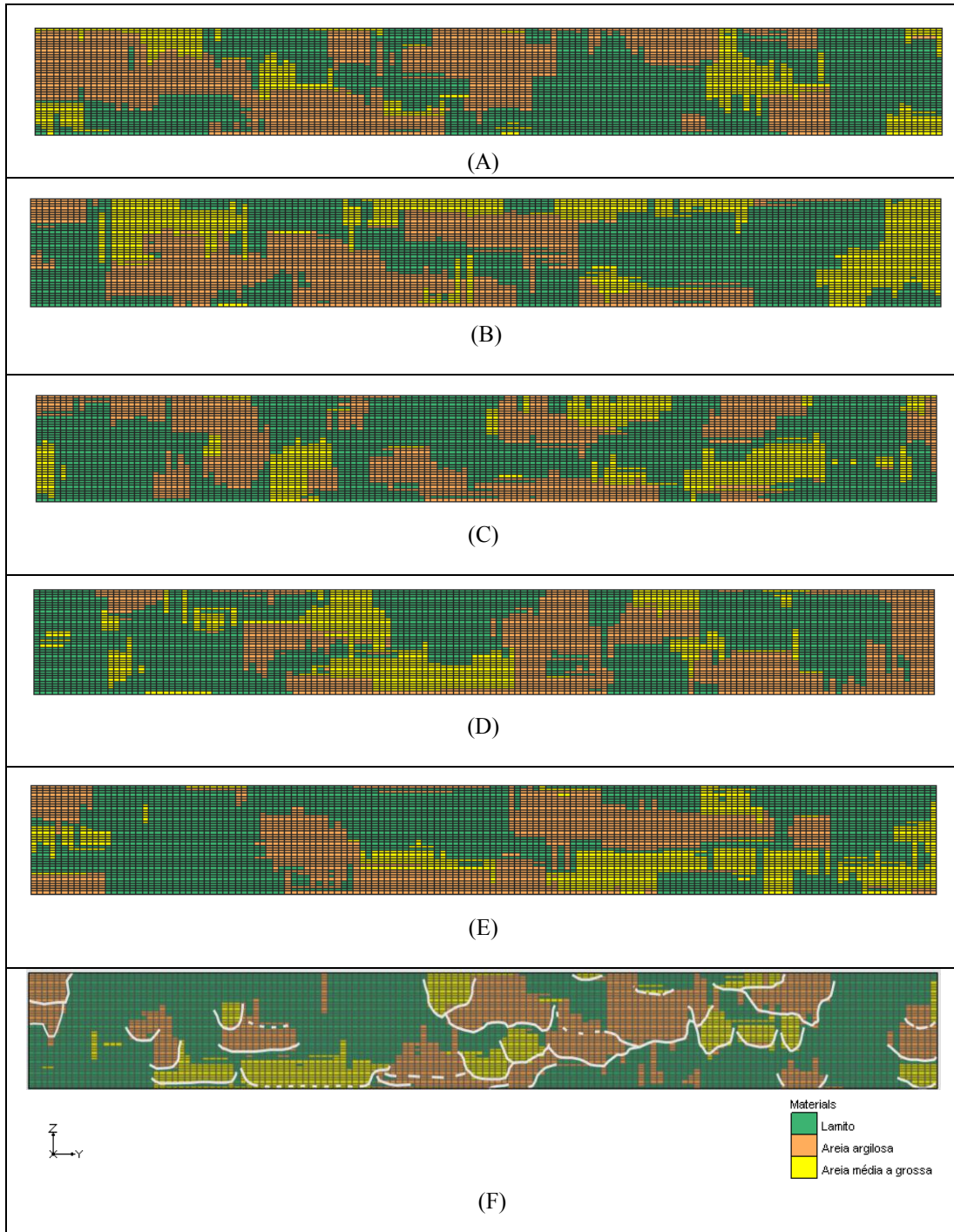


Figura 15. Face superior do *grid* dos modelos 41 (A), 51 (B), 62 (C), 74 (D), 88 (E) e 90 (F). Norte (Y) representado por uma seta branca. (Dimensões X = 850 e Y = 875 m). Observar a maior conectividade das fácies arenosas na porção norte das figuras, feição esta que se prolonga em profundidade; por ser comum à maioria das simulações, foi considerada uma feição-critério para seleção dos modelos mais representativos. Verde, lamas, siltes argilosos e argilas siltosas de planície de inundação; laranja, areias argilosas de fácies de canal; amarelo, areias médias a grossas, por vezes conglomeráticas, de fácies de canal.



Figuras 16(A – F) Face oeste do *grid* dos modelos 41, 51, 62, 74, 88 e 90 (transversal à direção do paleofluxo geral). (Dimensões da seção 20 m x 850 m). Nestas figuras é possível observar a geometria típica de canal imerso em matriz lamítica, e o amalgamento entre as duas fácies arenosas, indicando a variação dos processos no tempo. Legenda: linhas brancas contínuas, superfícies erosivas de amalgamento; base de canal; linhas brancas pontilhadas, possíveis bases de canal.

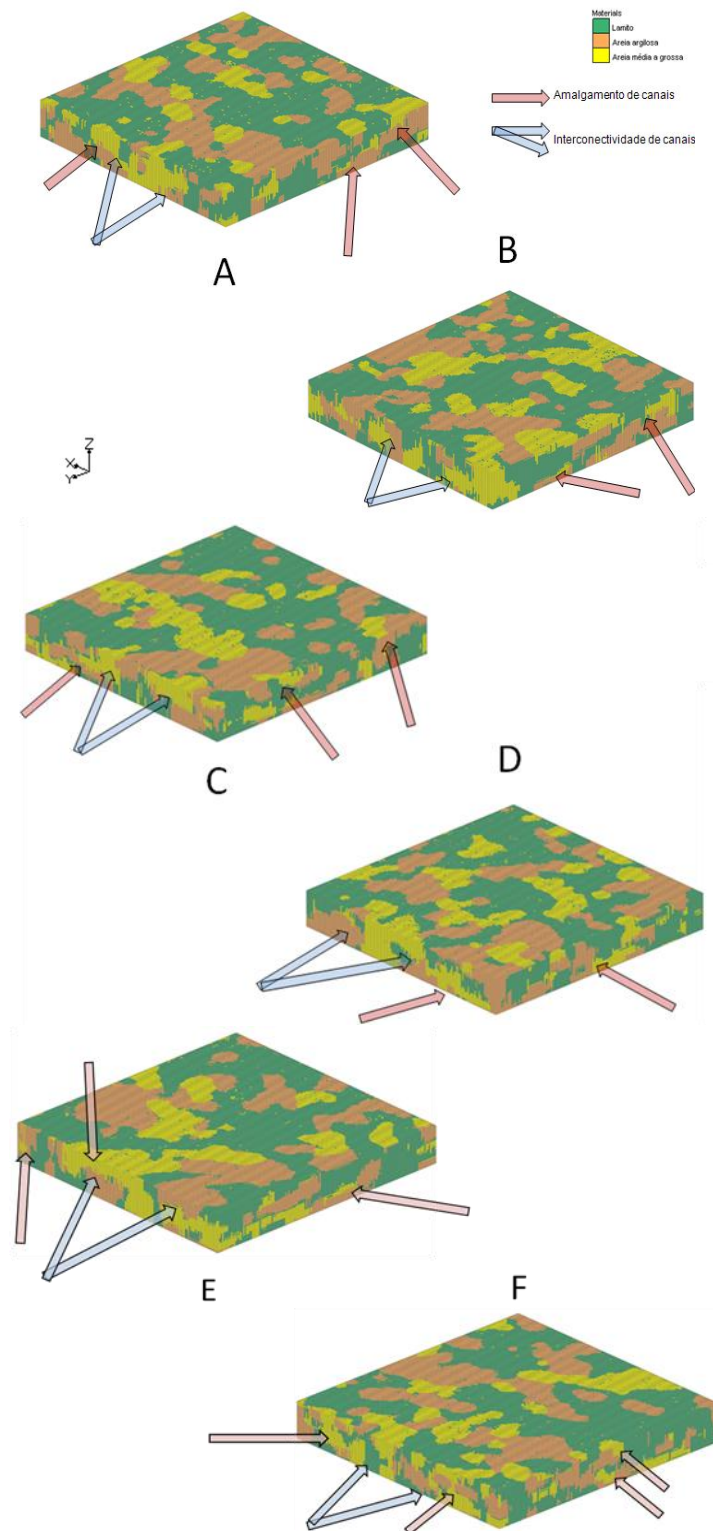


Figura 17 (A – F) – Vista oblíqua do *grid* dos modelos 41, 51, 62, 74, 88 e 90, respectivamente. Observar conectividade das areias no canal alongado na direção E-W na seção à esquerda (face norte), bem como as feições de amalgamento na seção à direita (faces oeste), onde areias argilosas e areias médias a grossas se interpenetram (Dimensões E, N e vertical são 850 x 875 x 20 m, respectivamente).

6.4.2 Modelos estocásticos utilizando dados de campo

O propósito desta atividade foi demonstrar como o aplicativo T-PROGS responde a densidades variáveis de informação e variáveis números de células no *grid*, por meio de simulação de afloramento análogo. O parâmetro controlador foi o próprio afloramento e os modelos conceituais sedimentares considerados.

Foram construídos pseudo-poços espaçados de 1,0 m. Verificou-se então que *grids* com células maiores e com menos poços não puderam ser interpolados. Foi possível simular o afloramento (o plano real e mais 1,50 metro para frente e para trás) apenas com células de dimensões 10 cm x 10 cm x 10 cm, e com espaçamentos de 1,0 m e 2,0 m. Resultados com células maiores de 50 cm x 50 cm x 10 cm não foram satisfatórios. Das litologias presentes no afloramento, uma delas não foi discretizada nos modelos da área de estudo, as areias finas a siltosas interpretadas como depósitos de *crevasse splay*, as quais foram incorporadas à fácies lamitos.

A figura 18 (A, B, C, D, E, F) ilustra seis simulações do afloramento estudado, o que permite comparar os resultados com a seção real observada em campo, ilustrada no anexo III.

A figura 19 (A, B, C, D, E, F) ilustra uma vista oblíqua dos *grids* das seis simulações selecionadas, extrapolados em 1,50 m para a frente e para trás da seção da figura 18 (A, B, C, D, E, F).

A simulação foi possível após a montagem das fotos, de modo que pseudopoços fossem desenhados sobre a imagem, e os dados de posição e variação de fácies com a profundidade pudessem ser gerados e inseridos no *software*, seguindo a mesma metodologia utilizada na geração das simulações da área de estudo com dados SPT.

6.5. Integração dos resultados

As feições geométricas e texturais do afloramento corroboram a interpretação que é comum para as simulações estocásticas, tanto as simulações utilizando dados SPT da área de estudo, quanto as simulações do próprio afloramento, ou seja, observam-se corpos arenosos com geometria de canal fluvial amalgamados e justapostos vertical e lateralmente, associados a depósitos lamíticos de planície de inundação.

As interpretações paleodeposicionais são corroboradas pelas texturas dos corpos rochosos, suas estruturas sedimentares (estratificações cruzadas tabulares de baixo a médio ângulo, em geral de pequeno porte), geometria e tipo de contato entre os corpos.

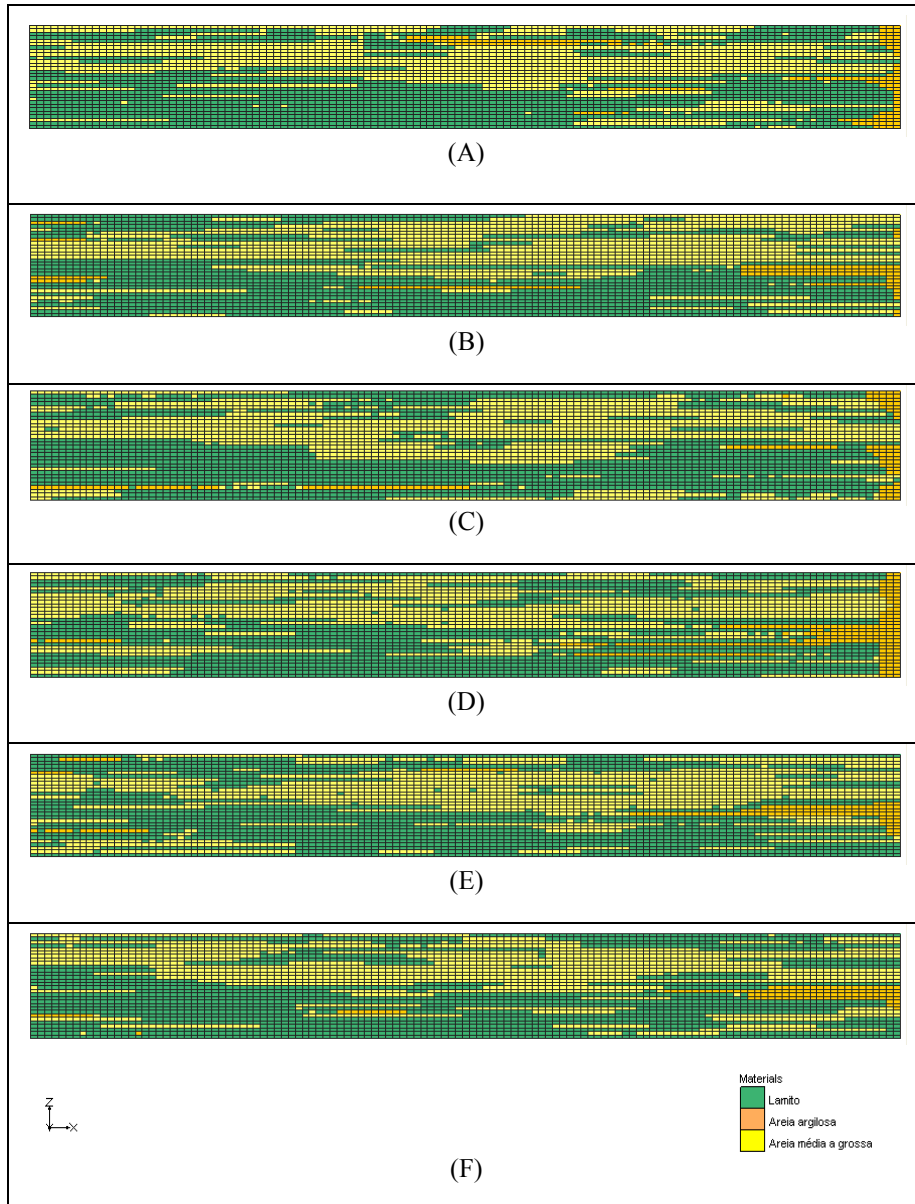
Considerando que a seção do afloramento é conhecida, é possível avaliar o grau de confiabilidade das simulações da mesma. O que se observa é um predomínio de areia no topo e diminuição em direção à porção inferior do afloramento, em que predominam lamitos. Sendo o lamito o material mais abundante, o programa, que se baseia nas Cadeias de Markov, inclui a probabilidade de ocorrência de lamitos na porção superior do afloramento. Tais simulações podem ser observadas na figura 18 (A – F).

Ressalta-se ainda que, apesar de fácies com baixa proporção no *material set*, como é o caso das areias argilosas nos modelos simulados do afloramento, as células desta litofácies não estão dispersas aleatoriamente no *grid*, mas se apresentam de modo contínuo, o que indica um ganho na simulação de arquitetura de fácies em relação a simulações estatísticas Gaussianas de campos de variação aleatória. Ainda analisando este aspecto, é possível notar um padrão semelhante nos modelos da área de estudo, onde são poucas as células isoladas de areias imersas nos lamitos, como pode ser observado nas seções em planta realizadas com sondagens SPT (Figuras 15 A, B, C, D, E, e F).

Este tipo de característica pode ser interpretada como fonte de ruídos na modelagem matemática e, portanto, é desejável possuir mais de uma fonte de dados para alimentar o aplicativo T-PROGS, sendo interessante que uma das fontes possa servir de controle, como no caso de afloramentos análogos.

A semelhança observada entre as duas famílias de simulações é notável, uma vez que ambas estão de acordo com o modelo conceitual geológico para a Formação Rio Claro, e o método empregado foi capaz de representar com grau satisfatório a realidade física (afloramentos).

Sendo assim, é possível considerar que os modelos gerados para a área de estudo foram realizados com densidade de dados suficiente, pois os resultados finais dos dois conjuntos de simulações se aproximam. Ressalte-se que o afloramento também foi modelado com apenas metade dos pseudopoços construídos e sobre um *grid* de menor resolução (células mais grosseiras), como pode ser visualizado na figura 20.



Figuras 18 (A – F) Seção do afloramento estudado para os modelos 01, 02, 08, 18, 21 e 44, respectivamente. . Espaçamento entre os pseudo-poços posicionados nesta seção central do *grid* é de 1,0 m. ($X = 12,0$ m / $Y = Z = 3,0$ m)

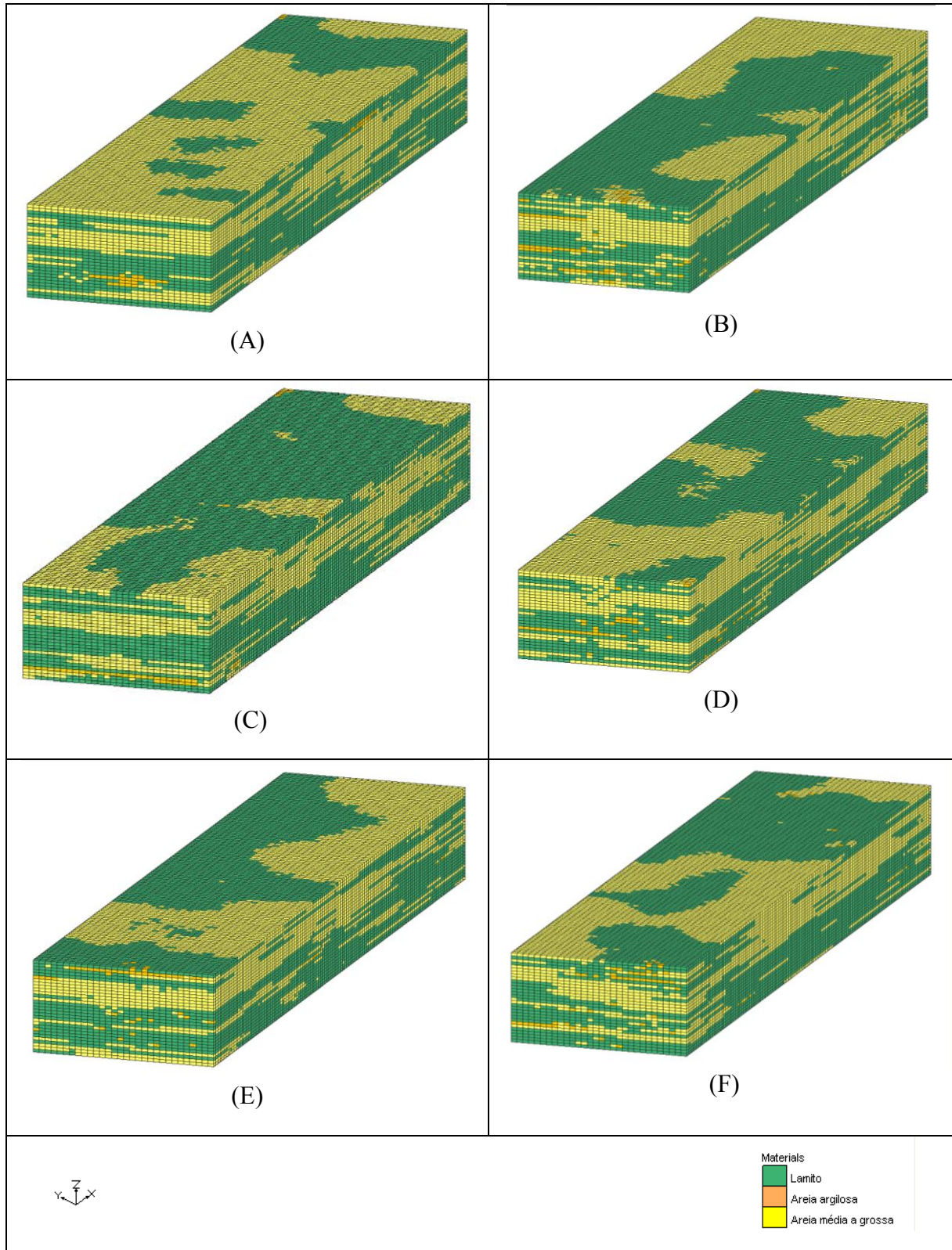


Figura 19 (A – F) – Vista oblíqua do *grid* dos modelos 01, 02, 08, 18, 21 e 44, respectivamente, do afloramento descrito. Espaçamento entre os pseudo-poços posicionados no centro é de 1,0 m. Células de dimensões 10 x 10 x 10 cm. (X = 12,0 m / Y= Z= 3,0 m).

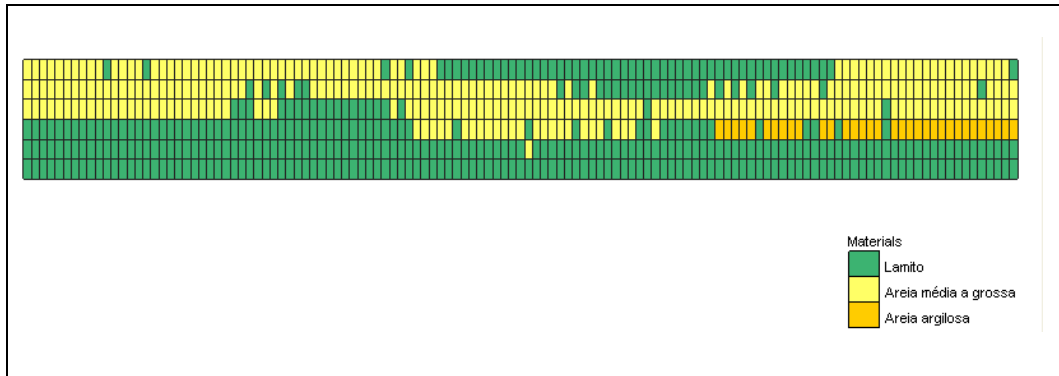


Figura 20 – Simulação da seção real do afloramento com sete poços (espaçados de 2,0 metros), e em células de menor resolução (50 cm x 50 cm x 10 cm) sendo a menor dimensão paralela à direção do comprimento.

Foram gerados modelos do afloramento com espaçamento de 2,0 metros entre os pseudo-poços em um *grid* de mesmo tamanho, porém com células de dimensões 10 cm x 10 cm x 10 cm. Os resultados foram semelhantes aos obtidos com o espaçamento de 1,0 metro e mesma resolução do *grid*, exceto pelo fato de que o canal de areias médias a grossas é muito mais segmentado, apresentando mais lamitos intercalados. Um exemplo deste conjunto de simulações com espaçamento de 2,0 m entre pseudo-poços encontra-se na figura 21.

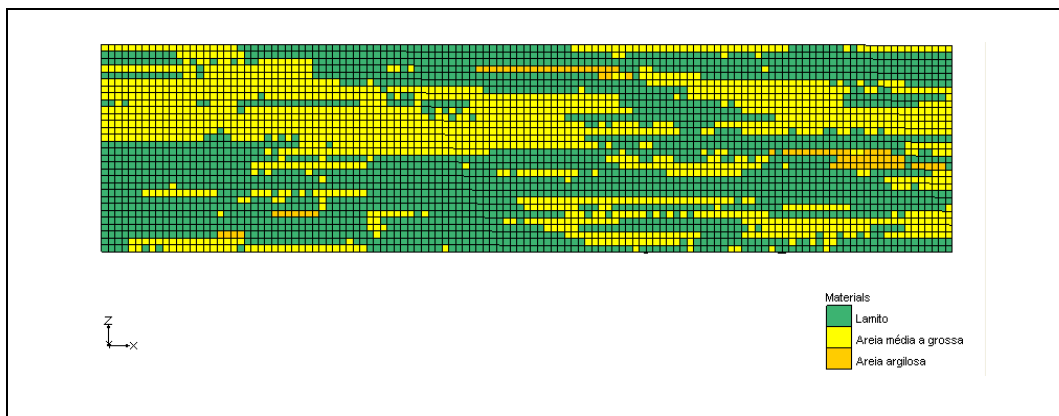


Figura 21– Simulação da seção real do afloramento com 13 poços (espaçados de 2,0 m), e em células de maior resolução (10 cm x 10 cm x 10 cm). Nota-se uma maior descontinuidade no canal de areias médias a grossas.

A arquitetura de fácies observada em campo e nas simulações geradas com duas fontes de dados distintas (sondagens SPT e pseudo-poços a partir de um afloramento análogo representativo) são suficientes para embasar as interpretações e permitir uma correlação e avaliação mais confiável dos modelos estocásticos gerados, posto que todos os modelos são matemática e fisicamente possíveis, e que foram gerados a partir de dados reais.

7. CONCLUSÕES

Considerando que geralmente a prática profissional ou mesmo acadêmica em geociências dispõe de uma quantidade de dados insuficiente para uma completa caracterização de um modelo conceitual, torna-se interessante o uso de modelagens matemáticas que auxiliem na elaboração de um modelo conceitual aplicável na resolução de determinado problema.

O presente trabalho procurou demonstrar a aplicabilidade do aplicativo T-PROGS (*transition probability geostatistical software*) do programa GMS 6.5, para modelar o arcabouço estratigráfico da Formação Rio Claro em uma área de interesse ambiental, no município de Paulínia (SP).

Para tal objetivo, o *software* foi alimentado com duas fontes de dados distintas, descrições litológicas de sondagens SPT e pseudo-poços gerados em uma montagem de fotos de um afloramento análogo, representativo da unidade sedimentar que ocorre na região.

Tal metodologia ofereceu um alto grau de confiabilidade para a interpretação dos resultados obtidos pelas simulações das sondagens SPT (distribuídas irregularmente na área de estudo modelada), uma vez que guardam boa aproximação com as simulações de um afloramento (análogo do modelo sedimentar fluvial utilizado).

Ambos os conjuntos de simulações, da área de estudo e do afloramento, estão alinhados com o modelo sedimentar teórico previsto na literatura para a Formação Rio Claro na região de Paulínia, qual seja, de um sistema fluvial meandrante.

Tais resultados são interessantes, pois demonstram que o aplicativo T-PROGS é capaz de simular a ocorrência de corpos isolados e amalgamados, com contatos abruptos entre litofácies distintas, por utilizar-se de um algoritmo matemático distinto daquele utilizado em geostatística clássica gaussiana. As cadeias de Markov, utilizadas neste aplicativo, revelam-se assim mais adequadas à simulação da arquitetura de fácies, do que aplicativos que se utilizam de variação aleatória e de funções variograma convencionais. Como observado por Lee *et al.* (2007), estes últimos são melhor aplicados, por exemplo, para modelar a variação da condutividade hidráulica internamente às litofácies.

Um ponto crucial de qualquer modelagem numérica reside na calibração e nas condições de contorno dadas aos modelos. Neste estudo, a qualidade dos modelos foi controlada essencialmente por

dois fatores: 1) os resultados se alinham com o modelo sedimentar previsto na literatura; 2) 50 simulações de um afloramento (análogo da unidade sedimentar estudada na região) apresentam padrões de arquitetura de fácies semelhantes aos observados nos 100 modelos simulados na área de estudo.

Entretanto, o método possui limitações. Embora os modelos sejam coerentes com a geologia local, toda simulação estocástica dispõe apenas de parte da informação necessária ao entendimento total da realidade, o que faz com que as interpolações entre as fácies (variáveis numéricas) jamais seja 100% precisa e realista. Assim, quando os dados encontram-se distribuídos de modo irregular e em densidades não ideais, é esperado que a qualidade das simulações seja menor.

Como qualquer método, é recomendável que seja utilizado algum tipo de controle sobre os resultados obtidos pelo aplicativo. No presente caso utilizou-se de simulações de um afloramento sob diferentes condições (menor densidade de informação e resolução do *grid*). Um bom controle das simulações estocásticas pode ser obtido, por exemplo, com estudos geofísicos, como caminhamentos geoeletricos ou imageamento 3D.

Os resultados mostraram que a metodologia T-PROGS é adequada para simular o arcabouço estratigráfico de um sistema fluvial meandrante a partir de dados de descrições de sondagens SPT.

Dados como perfilagens geoeletricas podem ser convertidos em pseudo-poços à semelhança do que foi feito com o afloramento análogo, bastando apenas atribuir valores numéricos às litologias interpretadas pelo método geofísico e formatá-los de acordo com a exigência do *software*. Apesar de os dados serem indiretos, podem ser obtidos com maior rapidez e algumas descrições de testemunhos podem dar a solidez necessária às informações obtidas por métodos geofísicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, M. C. Heterogeneidades geológicas e o gerenciamento de áreas contaminadas em local situado na interface da Serra do Mar com a planície aluvionar do rio Cubatão (Cubatão / SP). Tese de doutoramento. 2010. 213 p.

ALMEIDA, F. F. M. Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo, 1980. 187p. (Relatório da PAULIPETRO n. 14091).

ARAB, P.B.; PERINOTTO, J.A. de J.; ASSINE, M.L. Grupo Itararé (P – C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba – SP: contribuição ao estudo das litofácies. UNESP, Geociências, v. 28, n. 4, p 501 – 521. 2009.

BJONBERG, A. J. S. & LANDIM, P. M. B. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro, Neoceno-zóico. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. 1966. 15(4):43-68.

BRAUDRIK, C.; DIWTRICH, W. Alfalfa sprouts hold the line on meandering streams. Media Relations. 5th October, 2009. Disponível em:

http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2009/10/05_meanders.shtml

BRIDGE, J. S. Fluvial facies models: recent developments. In: POSAMENTIER, H. W. & WALKER R. G. Facies models revisited. 1st edition. Tulsa (OK), Society for sedimentary geology., 2006. Pages 85 – 170.

CARLE, S. F.; LaBOLLE, E. M.; WEISSMAN, G. S. VanBROCKLIN, D.; FOGG, G. E. Geostatistical simulation of hydrostratigraphic architecture: a transition probability / Markov approach. 1998 Concepts in Hydrogeology and Environmental Geology. (2) p. 147–170

CARLE, S. F. & FOGG G. E. Modeling spatial variability with one and multidimensional continuous-lag Markov Chains. Mathematical Geology. 1997. Vol. 29, No. 7.

CARLE, S. F. & FOGG, G. E. Transition Probability-Based Indicator Geostatistics. Mathematical Geology. 1996 Vol. 28, No. 4.

COLLINSON, J. D. Alluvial sediments. In: READING, H. G. Sedimentary Environments: processes, facies and Stratigraphy. 3rd edition. Malden (MA): Blackwell publishing, 2009. Pages 37-82.

CORDANI, U.G; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAS FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. Revista Ciência Técnica Petróleo, n. 15. Petrobrás, CENPES, CINTEP. 1984. 70p.

ELFEKI, A. & DEKKING, M. A Markov chain model for subsurface characterization: Theory and applications. *Mathematical Geology*, vol. 33, n. 5, 2001.

FERNANDES, A. J. Tectônica cenozóica na porção média da Bacia do Rio Piracicaba e sua aplicação à hidrogeologia. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997. 244 p.

FERNANDES, A. J.; FITIPALDI, F. C.; FERREIRA, C. J. Faciologia dos depósitos cenozoicos entre Jaguariúna e Americana – SP. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 38, Balneário Camboriú, 1994. SBG. v.3, p.269-270.

FERREIRA, S. R.; CAETANO-CHANG, M. R. Datação das Formações Rio Claro e Pirançununga por Termoluminescência. *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 2008. 61(2): 129-134, abr. jun.

FOGG, G. E.; NOYES, C. D.; CARLE, S. F. Geologically based model of heterogeneous hydraulic conductivity in an alluvial setting. *Hydrogeology Journal*. 1997. 6:131–143.

FÚLFARO, V. J.; SUGUIO, K. A Formação Rio Claro, neocenozóico, e seu ambiente de deposição. *OIGG*, São Paulo. 1968. 20:45-60.

GOMÉZ-HERNANDÉZ, J & XIAN-HUAN, W. To be or not to be multi-Gaussian? A reflection on stochastic hydrogeology. *Advances in Water Resources*. 1998. V. 21, (1) p. 47 – 61.

LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos. 2ª Ed. Revisada e ampliada. Ed. Da Unesp. 2003. 253 p.

LEE, Si-Yong; CARLE, S. F.; FOGG, G. E. Geologic heterogeneity and a comparison of two geostatistical models: Sequential Gaussian and transition probability-based geostatistical simulation. *Advances in Water Resources*. 2007. (30) p. 1914–1932.

MACHADO, F.B – 2003 – Reologia e possíveis zonas de efusão do magmatismo ácido cretácico da Bacia do Paraná. Trabalho de graduação. UNESP Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

MACHADO, F. B.; NARDY, A. J. R.; MELO, R. P.; OLIVEIRA, M. A. F.; SQUISATO, E. As rochas intrusivas da Formação Serra Geral na Porção Leste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo: Aspectos petrográficos e geoquímicos – resultados preliminares. São Paulo, UNESP, *Geociências*. 2005. v. 24, n. 1, p. 5-17.

MELO, M. S. A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenozóica na Depressão Periférica paulista. Tese de doutoramento. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 1995. 144 p.

MIALL A. D. Alluvial deposits. In: WALKER, R. G. & JAMES, N. P. Facies models: response to sea level change. 3RD edition. Sittsville, Ontario: Lowe Printing Service Ltd, 1992. Pages 119-142.

NICHOLS, G. Sedimentology and Stratigraphy. 2nd edition, Chichester, UK. Wiley-Blackwell.2009. 419p.

PENTEADO, M. M. Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica paulista. Instituto de Geografia/USP, São Paulo, Série Teses e Monografias, 22. 86 p.

QUINTAS, M. C. L.; MANTOCANI, M. S. M.; ZALÁN, P. V.; Contribuição para o estudo da evolução mecânica da Bacia do Paraná. B. Geoci. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 1997, jan./dez. 11 (1/2): 48-73.

SCHNEIDER, R.L; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. Anais do XXVIII Congresso brasileiro de Geologia. 1974. p. 41 – 63.

SHARP JR., J.M.; SHI, M. & GALLOWAY, W.E. Heterogeneity of fluvial systems – control on density-driven flow transport. Environmental & Engineering Geology. Association of Engineering Geologists, Geological Society of America. 2003 vol IX (1): p. 5-17.

SOARES, P.C. O limite glacial – pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 44. 1972. p. 333 – 341.

TRZASKOS, B.; VESELY, F. F.; ROSTIROLLA, S. P. Eventos tectônicos recorrentes impressos no arcabouço estratigráfico do Grupo Itararé na região de Vila Velha, estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Editora UFPR. 2006. N. 58, p. 89-104.

WEISSMANN, G.S. & FOGG, G.E. Multi-scale alluvial fan heterogeneity modeled with transition probability geostatistics in a sequence stratigraphic framework. *Journal of Hydrology*, v. 226: p. 48-65, 1999.

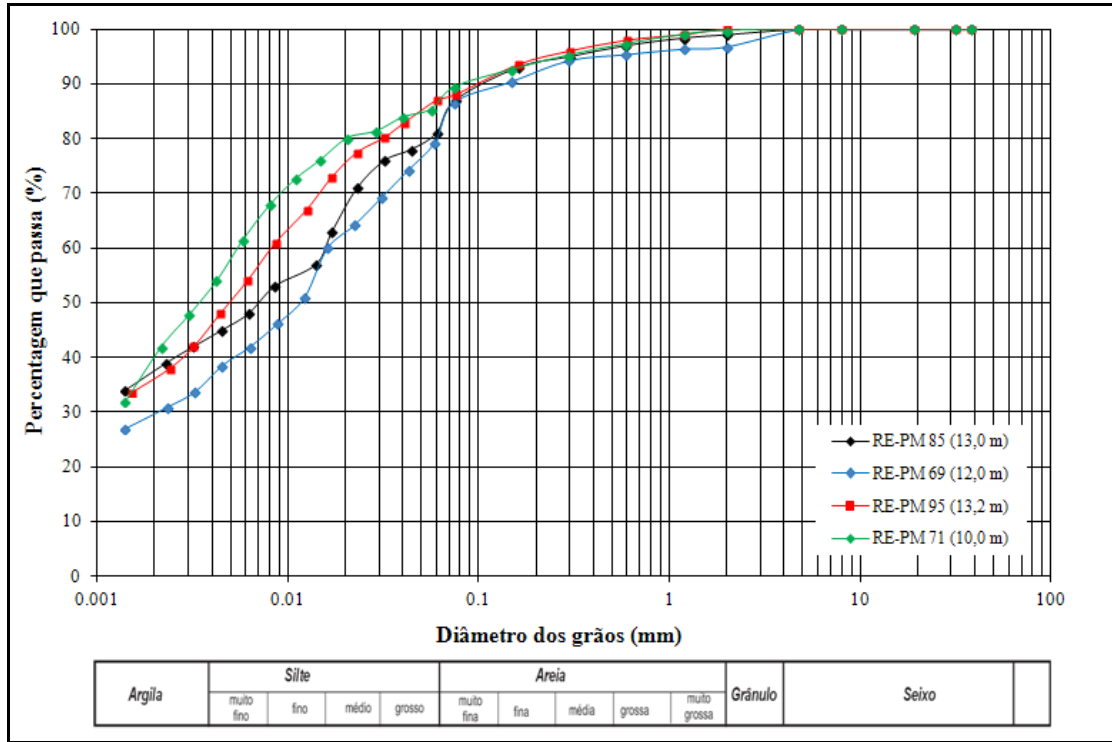
WEISSMAN, CARLE, S. F; FOGG, G. E. Three-dimensional hydrofacies modeling based on soil surveys and transition probability geostatistics. *Water Resources Research*. 1999. Vol. 35, No 6. P. 1761 – 1770.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI,V.T. Bacia do Paraná. In: *Origem e evolução de Bacias Sedimentares*. Petrobrás, Rio de Janeiro. 1990a. p.135-164.

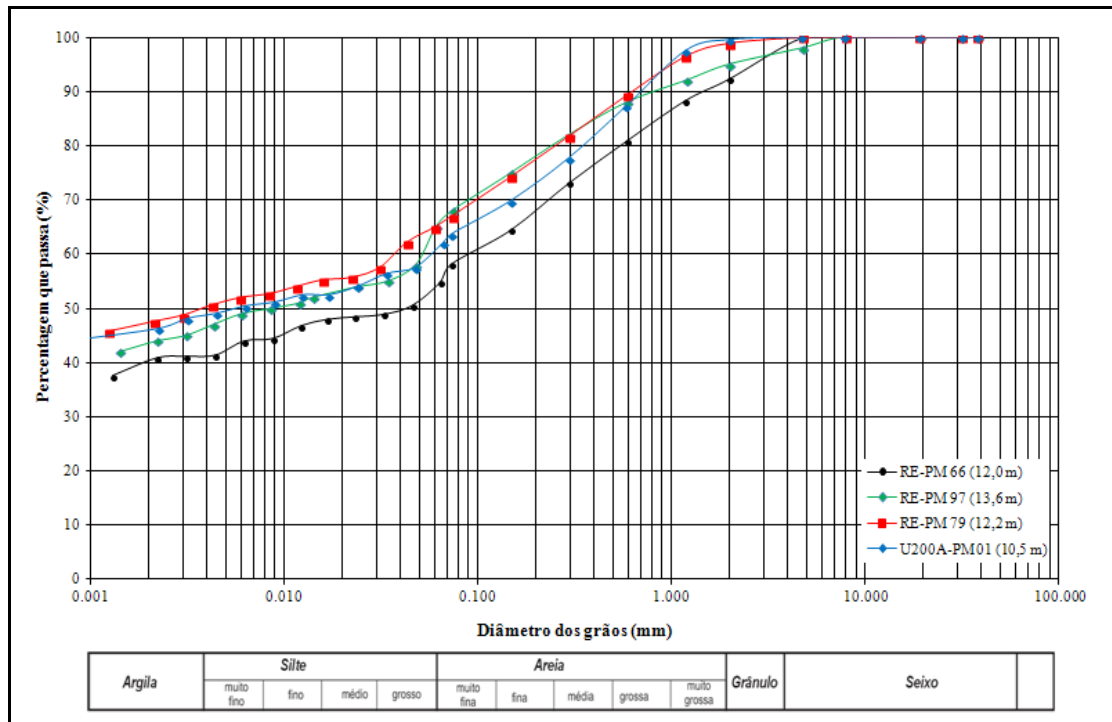
ZALÁN, P. V., WOLFF, S., ASTOLFI, M.A.M., VIEIRA, I. S., CONCEIÇÃO, J. C., APPI, V. T., NETO, E. V. S. CERQUEIRA, J. R., MARQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. In: *Interior cratonic basins*. p. 681 - 707. (Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, memoir 51), 1990b.

ANEXO I

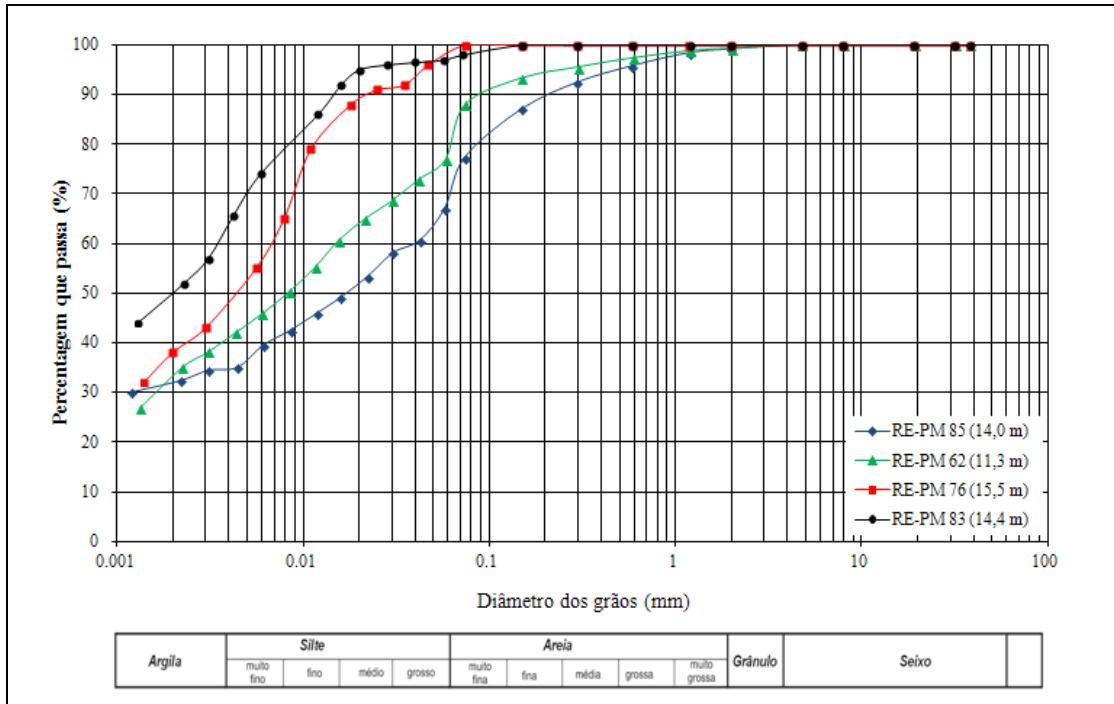
Curvas granulométricas de sondagens SPT na área



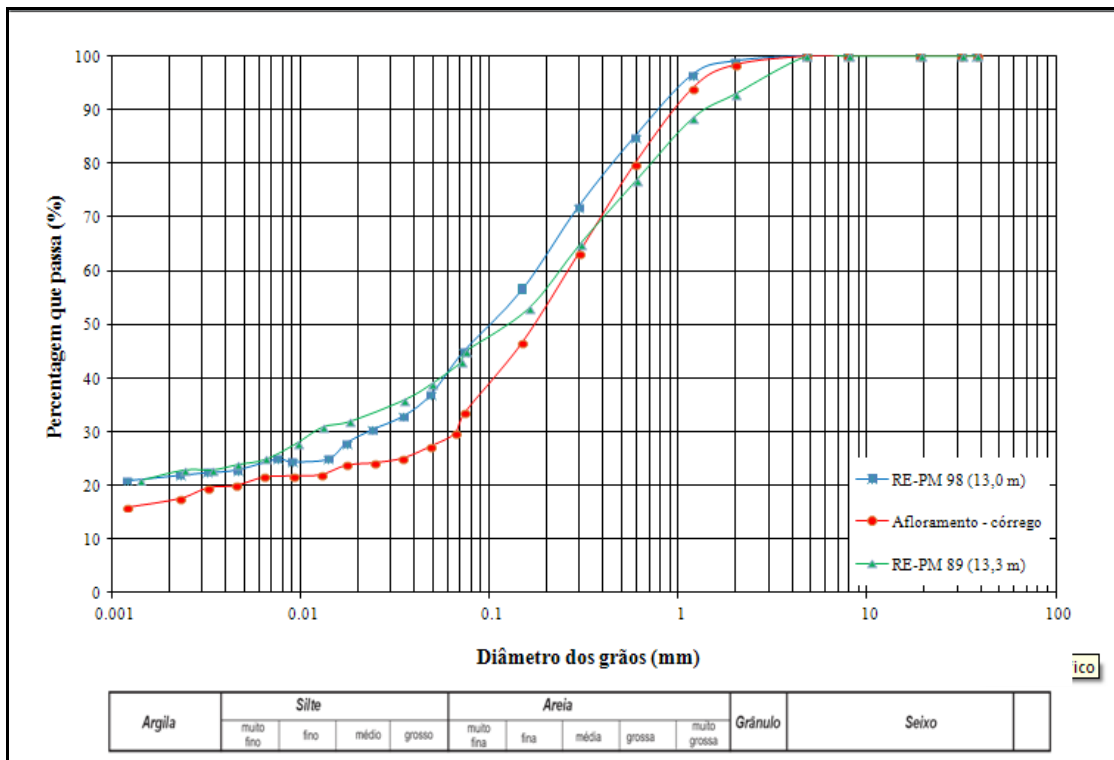
Litologia “a” – Silte argiloso correspondendo a “Lamitos” na modelagem



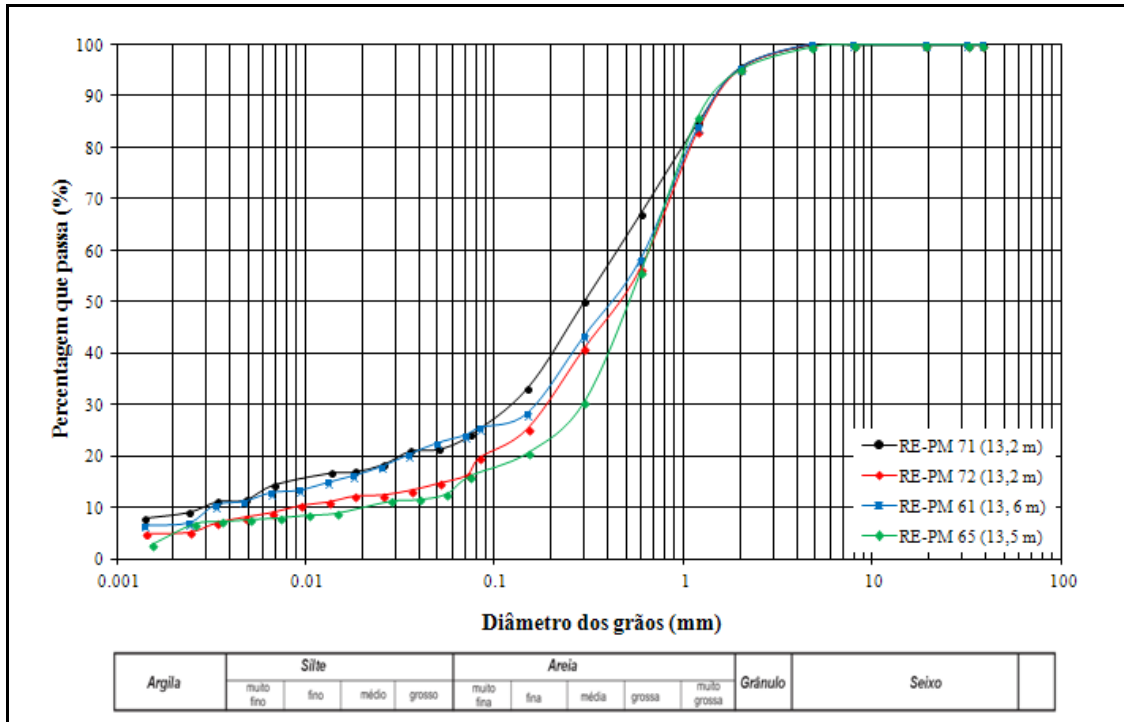
Litologia “b” – Argila arenosa correspondendo a “Lamitos” na modelagem



Litologia "c" – Siltitos correspondendo a "Lamitos" na modelagem



Litologia "d" – Areia argilosa (mesmo nome na modelagem)



Litologia “e” – Areia média a grossa (mesmo nome na modelagem)

ANEXO II

Dados das sondagens SPT em formato de tabulação “.txt”

Id	X	Y	Z						
				6	280749,9294	7484509,7649	581,88	1	
Material									
1	280812,3071	7484475,3870	588,70	3	7	280967,3950	7484511,8471	591,21	1
1	280812,3071	7484475,3870	587,50	1	7	280967,3950	7484511,8471	590,21	1
1	280812,3071	7484475,3870	581,28	1	7	280967,3950	7484511,8471	588,21	1
2	280764,9799	7484484,7036	588,30	1	7	280967,3950	7484511,8471	586,01	1
2	280764,9799	7484484,7036	586,40	1	7	280967,3950	7484511,8471	585,01	1
2	280764,9799	7484484,7036	583,15	1	8	280768,6570	7484538,3421	590,27	1
3	280793,6627	7484491,9060	588,40	1	8	280768,6570	7484538,3421	588,27	1
3	280793,6627	7484491,9060	586,40	1	8	280768,6570	7484538,3421	586,27	1
3	280793,6627	7484491,9060	582,90	1	8	280768,6570	7484538,3421	584,07	1
3	280793,6627	7484491,9060	580,30	1	9	280669,2880	7484551,5897	588,23	1
4	281066,7640	7484498,5996	590,27	1	9	280669,2880	7484551,5897	586,53	1
4	281066,7640	7484498,5996	587,27	1	9	280669,2880	7484551,5897	584,03	1
4	281066,7640	7484498,5996	585,32	1	9	280669,2880	7484551,5897	583,03	1
4	281066,7640	7484498,5996	584,32	1	10	281014,8561	7484560,1497	590,45	1
4	281066,7640	7484498,5996	583,32	1	10	281014,8561	7484560,1497	587,45	1
5	280844,0724	7484507,2380	585,70	1	10	281014,8561	7484560,1497	584,30	1
5	280844,0724	7484507,2380	582,50	1	11	280569,9190	7484564,8372	589,17	1
5	280844,0724	7484507,2380	581,50	1	11	280569,9190	7484564,8372	587,57	1
5	280844,0724	7484507,2380	579,40	1	11	280569,9190	7484564,8372	584,72	1
6	280749,9294	7484509,7649	588,28	1	11	280569,9190	7484564,8372	583,72	1
6	280749,9294	7484509,7649	584,18	1	12	280945,2978	7484569,4229	585,63	2

12	280945,2978	7484569,4229	585,63	1	19	280848,8733	7484622,3732	581,62	1
12	280945,2978	7484569,4229	584,73	1	19	280848,8733	7484622,3732	579,07	1
12	280945,2978	7484569,4229	582,88	2	20	280952,4491	7484626,6078	583,61	3
12	280945,2978	7484569,4229	580,78	2	20	280952,4491	7484626,6078	581,61	1
13	280878,7205	7484578,2988	586,26	1	20	280952,4491	7484626,6078	578,96	1
13	280878,7205	7484578,2988	583,16	1	21	280885,8719	7484635,4836	584,70	2
14	280982,2963	7484582,5333	586,09	2	21	280885,8719	7484635,4836	583,30	1
14	280982,2963	7484582,5333	585,04	1	21	280885,8719	7484635,4836	582,15	1
14	280982,2963	7484582,5333	583,49	2	21	280885,8719	7484635,4836	581,10	1
14	280982,2963	7484582,5333	582,04	2	22	280604,1174	7484652,4973	588,18	1
15	280915,7191	7484591,4092	585,36	2	22	280604,1174	7484652,4973	587,28	1
15	280915,7191	7484591,4092	583,96	1	22	280604,1174	7484652,4973	583,88	2
15	280915,7191	7484591,4092	583,06	1	22	280604,1174	7484652,4973	582,28	1
16	280846,1608	7484600,6824	590,22	1	22	280604,1174	7484652,4973	581,28	1
16	280846,1608	7484600,6824	586,22	1	23	280571,9457	7484657,7887	587,77	1
16	280846,1608	7484600,6824	584,77	1	23	280571,9457	7484657,7887	584,22	1
17	280918,4316	7484613,1000	584,15	3	23	280571,9457	7484657,7887	583,67	1
17	280918,4316	7484613,1000	582,85	1	24	280786,5426	7484673,2843	591,18	1
17	280918,4316	7484613,1000	579,70	1	24	280786,5426	7484673,2843	584,38	1
18	281022,0074	7484617,3345	586,25	3	24	280786,5426	7484673,2843	583,18	1
18	281022,0074	7484617,3345	582,65	1	24	280786,5426	7484673,2843	581,08	1
18	281022,0074	7484617,3345	582,65	2	24	280786,5426	7484673,2843	579,88	1
18	281022,0074	7484617,3345	582,35	1	25	280679,3547	7484680,5575	586,08	1
18	281022,0074	7484617,3345	581,05	1	25	280679,3547	7484680,5575	581,38	1
19	280848,8733	7484622,3732	584,07	3	25	280679,3547	7484680,5575	580,08	1

25	280679,3547	7484680,5575	579,08	1	30	280645,1701	7484714,1840	581,46	2
26	280641,1013	7484681,6478	587,30	1	30	280645,1701	7484714,1840	581,16	1
26	280641,1013	7484681,6478	585,25	1	30	280645,1701	7484714,1840	580,16	1
26	280641,1013	7484681,6478	582,00	2	31	280728,3789	7484717,1242	589,25	1
26	280641,1013	7484681,6478	581,85	1	31	280728,3789	7484717,1242	586,65	1
26	280641,1013	7484681,6478	580,85	1	31	280728,3789	7484717,1242	585,25	2
27	280781,1897	7484687,0289	592,21	1	31	280728,3789	7484717,1242	581,25	1
27	280781,1897	7484687,0289	590,21	1	31	280728,3789	7484717,1242	579,10	1
27	280781,1897	7484687,0289	586,21	1	31	280728,3789	7484717,1242	578,10	1
27	280781,1897	7484687,0289	584,31	1	32	280684,6566	7484722,9532	587,20	1
27	280781,1897	7484687,0289	581,51	2	32	280684,6566	7484722,9532	584,00	1
27	280781,1897	7484687,0289	580,01	2	32	280684,6566	7484722,9532	581,05	2
28	280703,8668	7484698,8409	587,42	1	32	280684,6566	7484722,9532	579,20	1
28	280703,8668	7484698,8409	585,12	1	32	280684,6566	7484722,9532	578,20	1
28	280703,8668	7484698,8409	582,62	2	32	280684,6566	7484722,9532	577,75	1
28	280703,8668	7484698,8409	578,07	1	33	280899,0178	7484724,4468	591,22	1
28	280703,8668	7484698,8409	577,07	1	33	280899,0178	7484724,4468	587,22	1
29	280789,7484	7484698,9188	591,18	1	33	280899,0178	7484724,4468	582,42	1
29	280789,7484	7484698,9188	587,18	1	33	280899,0178	7484724,4468	579,17	1
29	280789,7484	7484698,9188	584,28	1	33	280899,0178	7484724,4468	577,97	1
29	280789,7484	7484698,9188	581,23	1	33	280899,0178	7484724,4468	576,97	1
29	280789,7484	7484698,9188	580,03	2	34	280920,2479	7484732,6427	592,18	1
29	280789,7484	7484698,9188	579,03	2	34	280920,2479	7484732,6427	590,18	1
30	280645,1701	7484714,1840	589,26	1	34	280920,2479	7484732,6427	587,38	1
30	280645,1701	7484714,1840	585,06	1	34	280920,2479	7484732,6427	585,18	1

34	280920,2479	7484732,6427	580,18	2	39	280891,6629	7484754,4964	578,24	1
34	280920,2479	7484732,6427	578,88	2	40	280929,1692	7484755,5105	590,15	1
36	280561,9395	7484735,3038	591,23	1	40	280929,1692	7484755,5105	588,45	1
36	280561,9395	7484735,3038	589,23	1	40	280929,1692	7484755,5105	584,35	1
36	280561,9395	7484735,3038	587,33	1	40	280929,1692	7484755,5105	582,15	1
36	280561,9395	7484735,3038	585,33	1	40	280929,1692	7484755,5105	579,85	1
36	280561,9395	7484735,3038	584,63	2	41	280961,5838	7484756,2011	591,05	1
36	280561,9395	7484735,3038	580,78	2	41	280961,5838	7484756,2011	586,15	1
37	280880,5003	7484737,9417	591,26	1	41	280961,5838	7484756,2011	584,05	2
37	280880,5003	7484737,9417	585,26	1	41	280961,5838	7484756,2011	583,05	1
37	280880,5003	7484737,9417	584,26	1	41	280961,5838	7484756,2011	582,35	2
37	280880,5003	7484737,9417	582,46	2	41	280961,5838	7484756,2011	580,90	1
37	280880,5003	7484737,9417	581,76	1	41	280961,5838	7484756,2011	579,90	1
37	280880,5003	7484737,9417	579,06	1	42	280565,5152	7484763,8962	592,23	1
38	280546,8346	7484751,8521	592,27	1	42	280565,5152	7484763,8962	589,23	1
38	280546,8346	7484751,8521	588,27	1	42	280565,5152	7484763,8962	586,68	1
38	280546,8346	7484751,8521	586,57	1	42	280565,5152	7484763,8962	584,33	2
38	280546,8346	7484751,8521	584,67	2	42	280565,5152	7484763,8962	583,23	2
38	280546,8346	7484751,8521	582,32	2	42	280565,5152	7484763,8962	582,23	1
38	280546,8346	7484751,8521	580,82	2	42	280565,5152	7484763,8962	580,03	1
39	280891,6629	7484754,4964	591,24	1	42	280565,5152	7484763,8962	579,03	1
39	280891,6629	7484754,4964	585,44	1	43	280770,6866	7484764,6103	590,26	1
39	280891,6629	7484754,4964	584,24	2	43	280770,6866	7484764,6103	585,26	1
39	280891,6629	7484754,4964	580,34	2	43	280770,6866	7484764,6103	583,46	1
39	280891,6629	7484754,4964	579,24	1	43	280770,6866	7484764,6103	582,26	2

43	280770,6866	7484764,6103	577,81	2	47	280718,6266	7484788,5912	581,20	3
43	280770,6866	7484764,6103	576,81	2	47	280718,6266	7484788,5912	581,20	1
44	280769,8053	7484777,7587	588,30	1	47	280718,6266	7484788,5912	580,25	3
44	280769,8053	7484777,7587	585,20	1	47	280718,6266	7484788,5912	576,30	1
44	280769,8053	7484777,7587	583,60	2	47	280718,6266	7484788,5912	571,75	1
44	280769,8053	7484777,7587	581,20	1	48	280887,0351	7484790,1968	590,14	1
44	280769,8053	7484777,7587	580,25	3	48	280887,0351	7484790,1968	587,14	1
44	280769,8053	7484777,7587	576,40	1	48	280887,0351	7484790,1968	586,14	1
44	280769,8053	7484777,7587	575,20	2	48	280887,0351	7484790,1968	582,14	2
44	280769,8053	7484777,7587	573,73	1	48	280887,0351	7484790,1968	579,84	1
44	280769,8053	7484777,7587	568,75	1	48	280887,0351	7484790,1968	578,84	1
45	280772,7827	7484781,3713	592,19	1	49	280796,3700	7484792,2601	591,24	1
45	280772,7827	7484781,3713	588,19	1	49	280796,3700	7484792,2601	586,24	1
45	280772,7827	7484781,3713	585,19	1	49	280796,3700	7484792,2601	584,24	1
45	280772,7827	7484781,3713	583,19	1	49	280796,3700	7484792,2601	582,24	1
45	280772,7827	7484781,3713	582,19	1	49	280796,3700	7484792,2601	579,79	1
45	280772,7827	7484781,3713	580,94	2	49	280796,3700	7484792,2601	578,79	1
45	280772,7827	7484781,3713	579,94	2	50	280679,6224	7484795,7959	592,25	1
46	280926,7827	7484784,8978	587,06	1	50	280679,6224	7484795,7959	586,55	1
46	280926,7827	7484784,8978	585,06	2	50	280679,6224	7484795,7959	585,25	1
46	280926,7827	7484784,8978	583,06	2	50	280679,6224	7484795,7959	582,75	1
46	280926,7827	7484784,8978	580,46	2	50	280679,6224	7484795,7959	579,55	2
46	280926,7827	7484784,8978	578,61	2	50	280679,6224	7484795,7959	578,80	1
46	280926,7827	7484784,8978	577,61	2	50	280679,6224	7484795,7959	577,80	1
47	280718,6266	7484788,5912	586,20	1	51	280611,4553	7484804,8837	591,22	1

51	280611,4553	7484804,8837	586,22	1	55	280703,4491	7484816,6766	580,70	3
51	280611,4553	7484804,8837	581,22	1	55	280703,4491	7484816,6766	575,65	3
51	280611,4553	7484804,8837	579,77	1	55	280703,4491	7484816,6766	574,60	1
51	280611,4553	7484804,8837	578,77	1	55	280703,4491	7484816,6766	569,75	1
52	280662,7224	7484806,0680	592,21	1	56	280813,2263	7484830,1083	587,99	1
52	280662,7224	7484806,0680	586,21	1	56	280813,2263	7484830,1083	586,09	1
52	280662,7224	7484806,0680	584,21	1	56	280813,2263	7484830,1083	581,99	3
52	280662,7224	7484806,0680	582,21	1	56	280813,2263	7484830,1083	579,49	3
52	280662,7224	7484806,0680	581,16	2	56	280813,2263	7484830,1083	576,04	1
52	280662,7224	7484806,0680	580,16	2	56	280813,2263	7484830,1083	571,54	1
53	280582,2408	7484808,7785	593,20	1	57	280770,4976	7484835,8047	586,42	1
53	280582,2408	7484808,7785	590,20	1	57	280770,4976	7484835,8047	582,20	3
53	280582,2408	7484808,7785	584,60	1	57	280770,4976	7484835,8047	579,00	3
53	280582,2408	7484808,7785	583,10	1	57	280770,4976	7484835,8047	576,00	1
53	280582,2408	7484808,7785	582,80	2	57	280770,4976	7484835,8047	573,10	2
53	280582,2408	7484808,7785	579,90	1	57	280770,4976	7484835,8047	572,20	1
53	280582,2408	7484808,7785	578,90	1	57	280770,4976	7484835,8047	571,55	1
54	280627,5421	7484814,7677	592,26	1	58	280740,4403	7484837,8071	586,50	3
54	280627,5421	7484814,7677	586,26	1	58	280740,4403	7484837,8071	584,40	1
54	280627,5421	7484814,7677	584,26	1	58	280740,4403	7484837,8071	580,25	3
54	280627,5421	7484814,7677	580,86	1	58	280740,4403	7484837,8071	578,15	1
54	280627,5421	7484814,7677	579,86	1	58	280740,4403	7484837,8071	571,70	1
55	280703,4491	7484816,6766	585,40	1	59	281037,4925	7484838,1000	585,89	3
55	280703,4491	7484816,6766	583,60	3	59	281037,4925	7484838,1000	585,09	1
55	280703,4491	7484816,6766	582,30	1	59	281037,4925	7484838,1000	582,89	2

59	281037,4925	7484838,1000	582,69	1	64	281044,530 7485074,927	591,880	1
59	281037,4925	7484838,1000	581,59	3	64	281044,530 7485074,927	589,680	1
59	281037,4925	7484838,1000	579,09	1	64	281044,530 7485074,927	587,980	2
59	281037,4925	7484838,1000	577,69	1	64	281044,530 7485074,927	583,530	2
60	280805,058 7484880,314	594,900	1		64	281044,530 7485074,927	583,380	2
60	280805,058 7484880,314	587,900	1		65	281130,981 7485063,402	595,180	1
60	280805,058 7484880,314	582,900	2		65	281130,981 7485063,402	590,180	1
60	280805,058 7484880,314	580,900	1		65	281130,981 7485063,402	587,180	1
60	280805,058 7484880,314	580,450	1		65	281130,981 7485063,402	585,180	1
60	280805,058 7484880,314	579,450	1		65	281130,981 7485063,402	579,730	1
61	280401,914 7485402,574	587,770	1		66	281113,718 7485035,632	594,860	1
61	280401,914 7485402,574	584,270	2		66	281113,718 7485035,632	588,860	1
61	280401,914 7485402,574	578,870	1		66	281113,718 7485035,632	587,060	1
61	280401,914 7485402,574	578,070	3		66	281113,718 7485035,632	585,860	1
61	280401,914 7485402,574	575,770	1		66	281113,718 7485035,632	582,860	1
61	280401,914 7485402,574	574,770	1		66	281113,718 7485035,632	579,860	1
61	280401,914 7485402,574	573,770	1		66	281113,718 7485035,632	575,860	1
61	280401,914 7485402,574	573,470	1		66	281113,718 7485035,632	574,410	1
62	280726,748 7485117,293	595,190	1		67	280854,202 7484430,709	595,950	1
62	280726,748 7485117,293	585,190	1		67	280854,202 7484430,709	583,950	1
62	280726,748 7485117,293	581,890	1		67	280854,202 7484430,709	580,850	1
63	280853,891 7485100,343	595,310	1		68	281026,705 7484985,225	594,770	1
63	280853,891 7485100,343	590,000	1		68	281026,705 7484985,225	586,770	1
63	280853,891 7485100,343	580,860	1		68	281026,705 7484985,225	584,470	1
64	281044,530 7485074,927	594,680	1		69	281025,956 7484899,581	594,770	2

69	281025,956 7484899,581	586,620	1	74	281072,764 7484865,674	594,810	1
69	281025,956 7484899,581	586,270	1	74	281072,764 7484865,674	589,110	2
69	281025,956 7484899,581	583,320	1	74	281072,764 7484865,674	585,810	1
70	281028,815 7484908,471	594,630	2	74	281072,764 7484865,674	585,410	1
70	281028,815 7484908,471	586,630	1	74	281072,764 7484865,674	582,660	1
70	281028,815 7484908,471	585,430	1	75	280578,324 7484886,587	595,634	2
70	281028,815 7484908,471	584,530	1	75	280578,324 7484886,587	586,634	2
71	281040,432 7484861,605	594,860	3	75	280578,324 7484886,587	583,634	3
71	281040,432 7484861,605	585,860	1	75	280578,324 7484886,587	581,734	3
71	281040,432 7484861,605	584,360	3	75	280578,324 7484886,587	578,584	1
71	281040,432 7484861,605	583,160	1	75	280578,324 7484886,587	576,834	1
71	281040,432 7484861,605	583,010	1	75	280578,324 7484886,587	573,214	1
71	281040,432 7484861,605	582,410	1	76	280587,168 7484922,173	595,497	2
72	281042,720 7484879,904	594,880	1	76	280587,168 7484922,173	586,597	1
72	281042,720 7484879,904	587,880	1	76	280587,168 7484922,173	582,597	3
72	281042,720 7484879,904	583,880	3	76	280587,168 7484922,173	579,497	1
72	281042,720 7484879,904	582,630	1	76	280587,168 7484922,173	575,597	3
72	281042,720 7484879,904	580,580	1	76	280587,168 7484922,173	574,797	1
72	281042,720 7484879,904	580,430	1	76	280587,168 7484922,173	572,697	1
73	281046,006 7484906,180	594,840	2	76	280587,168 7484922,173	569,397	1
73	281046,006 7484906,180	586,240	1	77	280592,986 7484970,790	595,440	2
73	281046,006 7484906,180	584,840	1	77	280592,986 7484970,790	588,440	2
73	281046,006 7484906,180	583,840	3	77	280592,986 7484970,790	586,390	1
73	281046,006 7484906,180	582,640	3	77	280592,986 7484970,790	581,440	1
73	281046,006 7484906,180	580,390	3	77	280592,986 7484970,790	579,640	1

77	280592,986 7484970,790	574,540	1	81	280621,933 7484907,815	595,640	2
77	280592,986 7484970,790	571,390	1	81	280621,933 7484907,815	585,64	1
78	280606,843 7485021,622	595,523	2	81	280621,933 7484907,815	583,84	1
78	280606,843 7485021,622	590,623	2	81	280621,933 7484907,815	582,640	3
78	280606,843 7485021,622	585,523	1	81	280621,933 7484907,815	578,84	1
78	280606,843 7485021,622	582,623	3	81	280621,933 7484907,815	576,640	1
78	280606,843 7485021,622	580,823	1	81	280621,933 7484907,815	575,64	1
78	280606,843 7485021,622	578,923	1	81	280621,933 7484907,815	572,94	1
78	280606,843 7485021,622	576,523	1	81	280621,933 7484907,815	572,04	1
78	280606,843 7485021,622	570,423	1	81	280621,933 7484907,815	569,54	1
79	280609,710 7484856,368	595,507	2	82	280627,337 7484987,240	595,639	2
79	280609,710 7484856,368	585,907	1	82	280627,337 7484987,240	588,639	3
79	280609,710 7484856,368	583,807	1	82	280627,337 7484987,240	583,639	1
79	280609,710 7484856,368	579,507	3	82	280627,337 7484987,240	582,939	3
79	280609,710 7484856,368	577,607	1	82	280627,337 7484987,240	581,739	1
79	280609,710 7484856,368	575,607	1	82	280627,337 7484987,240	578,839	1
79	280609,710 7484856,368	573,507	1	82	280627,337 7484987,240	574,739	1
79	280609,710 7484856,368	566,057	1	82	280627,337 7484987,240	573,839	1
80	280615,735 7484891,251	595,642	2	82	280627,337 7484987,240	571,589	1
80	280615,735 7484891,251	586,842	1	83	280630,522 7485018,847	595,562	2
80	280615,735 7484891,251	582,642	3	83	280630,522 7485018,847	587,862	1
80	280615,735 7484891,251	578,842	2	83	280630,522 7485018,847	584,562	3
80	280615,735 7484891,251	572,642	1	83	280630,522 7485018,847	581,762	1
80	280615,735 7484891,251	571,592	1	83	280630,522 7485018,847	578,562	1
80	280615,735 7484891,251	568,392	1	83	280630,522 7485018,847	577,662	1

83	280630,522 7485018,847	574,762	1	87	280617,326 7484931,404	581,190	3
83	280630,522 7485018,847	572,562	1	87	280617,326 7484931,404	578,49	1
83	280630,522 7485018,847	571,482	1	87	280617,326 7484931,404	575,390	1
84	280593,782 7484914,395	595,020	2	87	280617,326 7484931,404	572,99	1
84	280593,782 7484914,395	588,32	2	87	280617,326 7484931,404	571,79	1
84	280593,782 7484914,395	585,52	1	88	280621,095 7484938,920	594,940	2
84	280593,782 7484914,395	581,020	3	88	280621,095 7484938,920	582,94	2
84	280593,782 7484914,395	579,12	1	88	280621,095 7484938,920	578,24	1
84	280593,782 7484914,395	575,320	1	88	280621,095 7484938,920	575,140	1
84	280593,782 7484914,395	571,77	1	88	280621,095 7484938,920	571,74	1
85	280612,874 7484870,351	594,970	2	89	280623,611 7484931,568	594,980	2
85	280612,874 7484870,351	586,07	1	89	280623,611 7484931,568	588,48	2
85	280612,874 7484870,351	583,97	1	89	280623,611 7484931,568	586,18	3
85	280612,874 7484870,351	581,370	1	89	280623,611 7484931,568	578,180	1
85	280612,874 7484870,351	572,82	1	89	280623,611 7484931,568	574,38	1
86	280615,167 7484888,689	594,990	2	89	280623,611 7484931,568	570,68	1
86	280615,167 7484888,689	590,39	2	90	280619,560 7484960,576	594,990	2
86	280615,167 7484888,689	585,39	1	90	280619,560 7484960,576	582,99	2
86	280615,167 7484888,689	581,290	3	90	280619,560 7484960,576	582,99	3
86	280615,167 7484888,689	578,19	1	90	280619,560 7484960,576	582,190	1
86	280615,167 7484888,689	573,990	1	90	280619,560 7484960,576	580,99	3
86	280615,167 7484888,689	569,54	1	90	280619,560 7484960,576	580,390	1
87	280617,326 7484931,404	594,990	2	90	280619,560 7484960,576	575,09	3
87	280617,326 7484931,404	587,99	1	90	280619,560 7484960,576	572,99	3
87	280617,326 7484931,404	584,09	2	90	280619,560 7484960,576	572,29	3

90	280619,560 7484960,576	570,84	3	94	280639,681 7485035,027	587,04	3
91	280631,446 7484966,760	594,990	2	94	280639,681 7485035,027	580,240	1
91	280631,446 7484966,760	588,19	2	94	280639,681 7485035,027	579,34	3
91	280631,446 7484966,760	584,99	1	94	280639,681 7485035,027	575,940	1
91	280631,446 7484966,760	584,390	1	94	280639,681 7485035,027	574,24	1
91	280631,446 7484966,760	580,99	3	94	280639,681 7485035,027	571,94	1
91	280631,446 7484966,760	579,990	1	94	280639,681 7485035,027	566,6	1
91	280631,446 7484966,760	577,99	1	95	280571,322 7484893,131	594,920	2
91	280631,446 7484966,760	573,54	1	95	280571,322 7484893,131	586,37	2
92	280631,590 7484996,993	594,960	2	95	280571,322 7484893,131	582,92	1
92	280631,590 7484996,993	589,46	2	95	280571,322 7484893,131	575,920	1
92	280631,590 7484996,993	584,96	1	95	280571,322 7484893,131	566,58	1
92	280631,590 7484996,993	582,960	3	96	280568,856 7484873,412	594,940	2
92	280631,590 7484996,993	581,06	1	96	280568,856 7484873,412	584,94	2
92	280631,590 7484996,993	577,260	1	96	280568,856 7484873,412	583,44	1
92	280631,590 7484996,993	575,06	1	96	280568,856 7484873,412	578,940	2
92	280631,590 7484996,993	569,93	1	96	280568,856 7484873,412	576,94	1
93	280627,301 7485028,939	594,940	1	96	280568,856 7484873,412	575,940	1
93	280627,301 7485028,939	589,04	1	96	280568,856 7484873,412	571,64	1
93	280627,301 7485028,939	584,94	3	97	280576,477 7484455,706	597,650	1
93	280627,301 7485028,939	580,340	1	97	280576,477 7484455,706	589,65	1
93	280627,301 7485028,939	577,34	1	97	280576,477 7484455,706	587,65	1
93	280627,301 7485028,939	571,39	1	97	280576,477 7484455,706	584,2	1
94	280639,681 7485035,027	594,940	1	98	280973,953 7484402,715	602,300	1
94	280639,681 7485035,027	591,94	2	98	280973,953 7484402,715	593,3	1

98	280973,953 7484402,715	591,3	1	103	280645,665 7485029,844	591,65	1
98	280973,953 7484402,715	589,300	1	103	280645,665 7485029,844	582,95	1
98	280973,953 7484402,715	587,15	1	103	280645,665 7485029,844	582,950	3
99	281172,691 7484376,220	602,000	1	103	280645,665 7485029,844	581,05	1
99	281172,691 7484376,220	594	1	103	280645,665 7485029,844	578,150	1
99	281172,691 7484376,220	588	1	103	280645,665 7485029,844	571,15	1
99	281172,691 7484376,220	582,8	1	103	280645,665 7485029,844	569,51	1
100	281213,732 7485132,560	595,700	1	104	280640,529 7485022,063	595,650	1
100	281213,732 7485132,560	585,7	1	104	280640,529 7485022,063	591,75	1
100	281213,732 7485132,560	583,7	1	104	280640,529 7485022,063	585,85	2
100	281213,732 7485132,560	580,7	1	104	280640,529 7485022,063	580,150	1
101	280681,065 7485039,183	595,650	1	104	280640,529 7485022,063	578,65	1
101	280681,065 7485039,183	587,65	1	104	280640,529 7485022,063	575,35	1
101	280681,065 7485039,183	585,05	1	105	280639,432 7485013,288	595,650	1
101	280681,065 7485039,183	580,150	1	105	280639,432 7485013,288	591,05	1
101	280681,065 7485039,183	576,35	1	105	280639,432 7485013,288	585,65	2
102	280669,068 7485041,484	595,650	1	105	280639,432 7485013,288	580,650	1
102	280669,068 7485041,484	587,65	1	105	280639,432 7485013,288	579,65	1
102	280669,068 7485041,484	585,65	3	105	280639,432 7485013,288	575,35	1
102	280669,068 7485041,484	583,750	3	106	280637,610 7484995,689	595,650	1
102	280669,068 7485041,484	581,65	2	106	280637,610 7484995,689	591,65	2
102	280669,068 7485041,484	581,150	1	106	280637,610 7484995,689	587,85	1
102	280669,068 7485041,484	579,65	1	106	280637,610 7484995,689	584,950	1
102	280669,068 7485041,484	577,35	1	106	280637,610 7484995,689	579,35	1
103	280645,665 7485029,844	595,650	1	107	280631,933 7484992,707	595,650	1

107	280631,933 7484992,707	591,05	2	111	280624,614 7484931,515	586,65	1
107	280631,933 7484992,707	585,95	1	111	280624,614 7484931,515	583,650	1
107	280631,933 7484992,707	583,650	1	111	280624,614 7484931,515	579,35	1
107	280631,933 7484992,707	579,35	1	112	280470,550 7484578,085	595,060	1
108	280635,446 7484987,678	595,650	1	112	280470,550 7484578,085	588,06	1
108	280635,446 7484987,678	591,15	2	112	280470,550 7484578,085	584,86	1
108	280635,446 7484987,678	585,65	3	113	281166,133 7484485,352	595,250	1
108	280635,446 7484987,678	582,950	1	113	281166,133 7484485,352	589,25	1
108	280635,446 7484987,678	582,15	3	113	281166,133 7484485,352	587,55	1
108	280635,446 7484987,678	581,150	3	113	281166,133 7484485,352	585,1	1
108	280635,446 7484987,678	579,2	3	114	281265,502 7484472,105	594,980	1
109	280631,896 7484964,946	595,650	1	114	281265,502 7484472,105	592,98	1
109	280631,896 7484964,946	591,65	2	114	281265,502 7484472,105	588,98	1
109	280631,896 7484964,946	585,75	1	114	281265,502 7484472,105	585,980	1
109	280631,896 7484964,946	583,150	3	114	281265,502 7484472,105	583,73	1
109	280631,896 7484964,946	580,15	3	114	281265,502 7484472,105	583,73	1
109	280631,896 7484964,946	579,2	3	115	280478,288 7484809,606	595,030	1
110	280629,589 7484939,793	595,650	1	115	280478,288 7484809,606	586,53	2
110	280629,589 7484939,793	592,65	2	115	280478,288 7484809,606	584,03	2
110	280629,589 7484939,793	585,65	1	115	280478,288 7484809,606	581,230	1
110	280629,589 7484939,793	583,650	3	115	280478,288 7484809,606	579,78	1
110	280629,589 7484939,793	580,05	3	115	280478,288 7484809,606	579,78	1
110	280629,589 7484939,793	578,2	3	116	280666,296 7485027,529	595,370	1
111	280624,614 7484931,515	595,650	1	116	280666,296 7485027,529	586,37	2
111	280624,614 7484931,515	591,95	2	116	280666,296 7485027,529	583,47	1

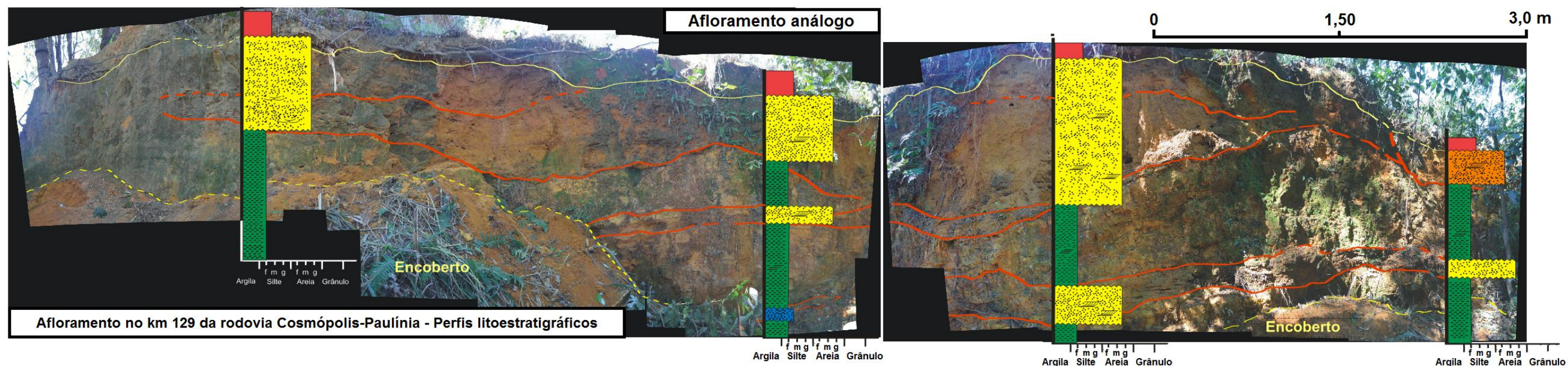
116	280666,296 7485027,529	579,570	3	118	280751,603 7485030,880	567,185	3
116	280666,296 7485027,529	577,67	1	119	280761,924 7485039,210	595,080	2
116	280666,296 7485027,529	575,570	2	119	280761,924 7485039,210	588,08	2
116	280666,296 7485027,529	574,77	1	119	280761,924 7485039,210	586,28	1
116	280666,296 7485027,529	573,47	1	119	280761,924 7485039,210	584,080	3
116	280666,296 7485027,529	570,77	1	119	280761,924 7485039,210	576,28	1
116	280666,296 7485027,529	571,460	1	119	280761,924 7485039,210	573,480	2
117	280677,915 7485016,098	595,420	1	119	280761,924 7485039,210	567,28	2
117	280677,915 7485016,098	587,72	2	119	280761,924 7485039,210	566,03	2
117	280677,915 7485016,098	586,42	3	120	280758,941 7485022,572	594,976	2
117	280677,915 7485016,098	584,420	1	120	280758,941 7485022,572	586,976	2
117	280677,915 7485016,098	581,42	2	120	280758,941 7485022,572	586,176	1
117	280677,915 7485016,098	580,820	1	120	280758,941 7485022,572	583,176	3
117	280677,915 7485016,098	579,42	3	120	280758,941 7485022,572	580,976	1
117	280677,915 7485016,098	576,72	1	120	280758,941 7485022,572	580,276	3
117	280677,915 7485016,098	574,42	3	120	280758,941 7485022,572	578,176	1
117	280677,915 7485016,098	573,620	3	120	280758,941 7485022,572	576,176	3
118	280751,603 7485030,880	594,985	2	120	280758,941 7485022,572	565,946	2
118	280751,603 7485030,880	587,985	2	120	280758,941 7485022,572	566,946	2
118	280751,603 7485030,880	586,185	1	121	280755,876 7485001,986	594,938	2
118	280751,603 7485030,880	583,985	3	121	280755,876 7485001,986	587,138	3
118	280751,603 7485030,880	579,085	1	121	280755,876 7485001,986	586,138	1
118	280751,603 7485030,880	576,185	3	121	280755,876 7485001,986	584,938	1
118	280751,603 7485030,880	573,385	1	121	280755,876 7485001,986	584,338	1
118	280751,603 7485030,880	570,285	3	121	280755,876 7485001,986	581,438	1

121	280755,876 7485001,986	579,938	3	124	280750,192 7484903,667	584,480	3
121	280755,876 7485001,986	575,038	3	124	280750,192 7484903,667	576,38	1
121	280755,876 7485001,986	573,438	3	124	280750,192 7484903,667	575,180	1
121	280755,876 7485001,986	570,938	3	124	280750,192 7484903,667	570,86	1
122	280822,256 7484870,002	595,050	1	125	280786,860 7485007,036	595,150	1
122	280822,256 7484870,002	588,15	3	125	280786,860 7485007,036	587,15	1
122	280822,256 7484870,002	582,45	1	125	280786,860 7485007,036	586,15	1
122	280822,256 7484870,002	579,250	3	125	280786,860 7485007,036	582,650	1
122	280822,256 7484870,002	578,35	3	125	280786,860 7485007,036	579,55	3
122	280822,256 7484870,002	575,050	1	125	280786,860 7485007,036	574,450	3
122	280822,256 7484870,002	572,45	1	125	280786,860 7485007,036	571,6	1
122	280822,256 7484870,002	571,05	1	125	280786,860 7485007,036	568	1
122	280822,256 7484870,002	568,99	1	126	280823,140 7484990,170	595,110	3
123	280817,806 7484915,201	595,150	1	126	280823,140 7484990,170	587,21	1
123	280817,806 7484915,201	588,15	1	126	280823,140 7484990,170	585,61	1
123	280817,806 7484915,201	586,15	1	126	280823,140 7484990,170	581,510	3
123	280817,806 7484915,201	580,250	1	126	280823,140 7484990,170	575,31	1
123	280817,806 7484915,201	578,55	1	126	280823,140 7484990,170	573,360	1
123	280817,806 7484915,201	577,650	1	126	280823,140 7484990,170	572,51	3
123	280817,806 7484915,201	575,25	1	126	280823,140 7484990,170	567,96	3
123	280817,806 7484915,201	573,15	1	127	280922,440 7485121,777	595,100	3
123	280817,806 7484915,201	570	1	127	280922,440 7485121,777	587,6	2
124	280750,192 7484903,667	594,980	3	127	280922,440 7485121,777	585,3	1
124	280750,192 7484903,667	586,98	3	127	280922,440 7485121,777	583,100	1
124	280750,192 7484903,667	585,43	1	127	280922,440 7485121,777	583,1	1

127	280922,440 7485121,777	580,8	1	133	281221,526 7485097,942	590,1	1
128	280925,243 7485111,880	595,100	1	133	281221,526 7485097,942	586,9	1
128	280925,243 7485111,880	588,3	1	133	281221,526 7485097,942	584,65	1
128	280925,243 7485111,880	585,1	1	134	281232,417 7485185,030	594,850	1
128	280925,243 7485111,880	582,100	1	134	281232,417 7485185,030	589,15	1
128	280925,243 7485111,880	580,8	1	134	281232,417 7485185,030	594,85	1
129	281227,156 7485142,960	594,850	1	134	281232,417 7485185,030	583,55	1
129	281227,156 7485142,960	587,05	1	135	281250,982 7485161,174	594,850	1
129	281227,156 7485142,960	584,85	1	135	281250,982 7485161,174	591,25	1
129	281227,156 7485142,960	583,65	1	135	281250,982 7485161,174	586,85	2
130	281208,582 7485166,827	594,850	1	135	281250,982 7485161,174	585,050	2
130	281208,582 7485166,827	591,15	1	135	281250,982 7485161,174	584,55	2
130	281208,582 7485166,827	588,35	1	136	281224,156 7485118,972	594,850	1
130	281208,582 7485166,827	587,150	1	136	281224,156 7485118,972	591,25	1
130	281208,582 7485166,827	583,65	1	136	281224,156 7485118,972	586,85	1
131	281218,895 7485076,901	594,850	1	136	281224,156 7485118,972	583,45	1
131	281218,895 7485076,901	591,35	1	137	281220,601 7484783,567	595,000	2
131	281218,895 7485076,901	586,85	1	137	281220,601 7484783,567	584,4	1
131	281218,895 7485076,901	584,250	1	137	281220,601 7484783,567	581	1
131	281218,895 7485076,901	583,7	1	137	281220,601 7484783,567	579,000	1
132	281200,321 7485100,769	594,850	1	137	281220,601 7484783,567	577,7	1
132	281200,321 7485100,769	590,15	1	138	281160,486 7485010,853	595,000	2
132	281200,321 7485100,769	586,85	1	138	281160,486 7485010,853	590	2
132	281200,321 7485100,769	584,45	1	138	281160,486 7485010,853	587,2	1
133	281221,526 7485097,942	594,900	1	138	281160,486 7485010,853	585,240	1

138	281160,486 7485010,853	584,55	1
139	280464,701 7485137,192	595,000	1
139	280464,701 7485137,192	592	1
139	280464,701 7485137,192	586,5	1
139	280464,701 7485137,192	583,500	1
139	280464,701 7485137,192	579,55	1
140	281093,656 7485020,614	595,000	1
140	281093,656 7485020,614	589,2	1
140	281093,656 7485020,614	587,5	1
140	281093,656 7485020,614	585,350	1
140	281093,656 7485020,614	581,4	1
140	281093,656 7485020,614	578,300	1
140	281093,656 7485020,614	574,35	1

ANEXO III – Perfis Litoestratigráficos de um afloramento análogo



Anexo III – Perfis litoestratigráficos sobre montagem de fotos do afloramento do km 129 da rodovia Cosmópolis-Paulínia. Seção possui 12,0 m de comprimento e aproximadamente 2,50 metros de espessura média. Das estruturas observadas, as estratificações cruzadas acanaladas são as menos evidentes; não constam nos modelos matemáticos simulados pois foram incorporados à fácies “lamito”.

