5.2. MEIO FÍSICO E ECOSSISTEMAS TERRESTRES

O componente-síntese meio físico e ecossistemas terrestres abrange elementos que abordam tanto aspectos físicos como bióticos da bacia do rio Iratim, procurando identificar os indicadores de fragilidade para inserção dos aproveitamentos na bacia em questão.

Neste momento serão abordados os temas: geologia, geomorfologia, recursos minerais e direitos minerários, hidrogeologia, pedologia, aptidão agrícola e susceptibilidade à erosão e flora e fauna terrestre, intentando subsidiar a definição de indicadores ambientais.

5.2.1. Meio Físico

5.2.1.1. Introdução

O presente relatório temático do meio físico tem como objetivo principal fornecer subsídios para a elaboração do Relatório de Avaliação Ambiental Integrada (AAI) referente aos aproveitamentos hidrelétricos planejados para serem implantados na bacia hidrográfica do rio Iratim, PR.

A Avaliação Ambiental Integrada visa identificar o efeito sinérgico de um conjunto de empreendimentos em uma bacia hidrográfica, de modo a identificar seus impactos sobre o meio físico-biótico e sócio-econômico. O foco deste relatório dirige-se ao levantamento e descrição dos principais componentes do meio físico sob a ótica da construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) na bacia hidrográfica, procurando-se identificar aspectos positivos e negativos dos empreendimentos previstos, em especial aqueles considerados potencial ou efetivamente causadores de degradação ambiental em seu sentido mais amplo.

Segundo a resolução nº 394 da ANEEL de 04/12/1998, os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km^2 , serão considerados como aproveitamentos com características de pequenas centrais hidrelétricas. Apesar das pequenas dimensões envolvidas, a instalação de uma PCH pode impor efeitos danosos à dinâmica do meio físico-biótico.

Foram levantados para a composição deste relatório dados referentes aos contextos geológico, geomorfológico, hidrográfico/hidrológico, pedológico e climático da área do empreendimento e seu entorno, de modo a compor um panorama dos principais aspectos do meio físico e sua interação dinâmica na área estudada.

LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
COPEL – Companhia Paranaense de Energia
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências
MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná
SISCOM – Sistema Compartilhado de Informações Ambientais
SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

5.2.1.2. Aspectos Metodológicos

A elaboração do presente relatório temático foi composta por cinco fases principais: (1) pesquisa bibliográfica e cartográfica; (2) confecção de documentos cartográficos; (3) trabalhos de campo; (4) análise dos dados coletados e produzidos; (5) redação do relatório.

O material bibliográfico e cartográfico consultado abrange livros, periódicos, teses e/ou dissertações, estudos de impacto ambiental, relatórios e mapas de séries especiais. As pesquisas foram efetuadas em acervos próprios, em relatórios fornecidos pela contratante e em bancos de dados de órgãos estaduais e federais disponíveis na internet. Os dados cartográficos compilados e utilizados para a área de estudo referem-se aos itens discriminados na Tabela 5.2.1.1.

Tabela 5.2.1.1: Material cartográfico utilizado como base de trabalho na área de estudo.

Fonte	Produto	Escala
ITCG	Mapa de Solos do Estado do Paraná	1:1.000.000
	Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná	1:250.000
	Mapa Geológico do Estado do Paraná	1:250.000
	Recursos Hídricos (principais rios e bacias hidrográficas)	1:100.000
IBGE	Mapa de Clima do Brasil	1:5.000.000
	Carta Internacional ao Milionésimo (SG-22)	1:1.000.000
	Limite Municipal	1:500.000
SISCOM/IBAMA	Hidrografia	1:3.000.000
	Geologia	1:3.000.000
	Geomorfologia	1:3.000.000
	Solos	1:3.000.000
	Temperatura Média Anual	1:3.000.000
MINEROPAR	Mapa Geológico do Estado do Paraná	1:250.000
	Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná	1:250.000
SUDERHSA	PR – Unidades Aqüíferas	não informado
	PR – Unidades Hidrográficas	não informado
	PR – Bacias Hidrográficas	não informado
INPE	Refinamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Programa Shuttle Radar Topography Mission - SRTM[1]	até 1:50.000

[1] Disponível em http://www.dpi.inpe.br/topodata

A produção cartográfica foi efetuada em ambiente SIG com o auxílio do programa ArcGIS 9.1, sendo todos os dados convertidos para a projeção UTM e *datum* SAD69, fuso 22 sul.
A área da bacia hidrográfica está inserida no contexto das folhas do mapeamento topográfico do IBGE SG-22-Y-B (Clevelândia), na escala 1:250.000, assim como das folhas SG-22-Y-B-I, SG-22-Y-B-II, SG-22-Y-B-III, e SG-22-Y-B-V e SG-22-Y-B-IV na escala 1:100.000.

As bases cartográficas disponíveis mostraram-se insuficientes para atender a geração de produtos cartográficos temáticos referentes à bacia hidrográfica em estudo. Deste modo, optou-se por produzir uma nova base topográfica para a bacia hidrográfica do rio Iratim, a partir do refinamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado pelo programa aeroespacial Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da NASA, efetuado pelo INPE.

Visto que a acurácia absoluta horizontal dos dados SRTM é de 20 metros (para erro circular com 90% de confiança) e vertical de 16 metros (para erro linear com 90% de confiança), foi possível adquirir dados topográficos para toda a extensão da bacia e entorno com resultado satisfatório.

De posse destes dados foi realizada análise para identificar possíveis imperfeições (valores espúrios) que, segundo a NASA, são comuns em áreas com altas declividades, lagos com mais de 600 m de comprimento, rios que apresentam mais de 183m de largura e oceanos. Nestas áreas foi feita correção interpolando-se os dados circunvizinhos.

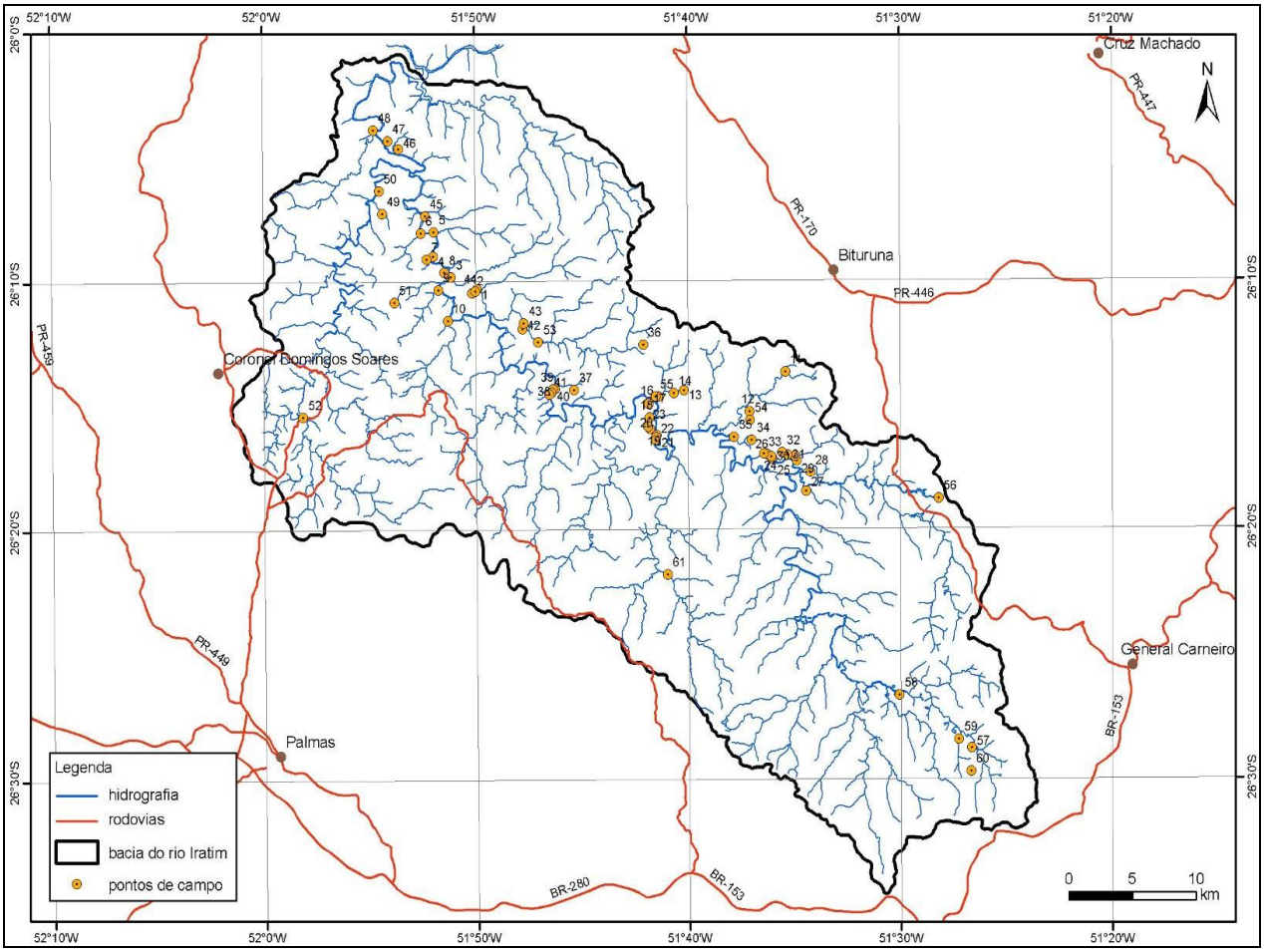
Com o MDE corrigido foi possível gerar produtos temáticos como clinografia, hipsometria e sombreamento do terreno, bem como curvas de nível com eqüidistância de 20 m, compatíveis com um mapeamento na escala 1:50.000. A rede hidrográfica de detalhe foi confeccionada a partir do módulo *Arc Hydro Tools* do programa *ArcInfo 9.2*, após a geração de um MDE corrigido hidrologicamente. A rede hidrográfica de detalhe da bacia hidrográfica foi calculada considerando uma área de cabeceira de drenagem com área mínima de 4.500 m^2.

Os trabalhos de campo foram realizados no mês de agosto de 2009. Efetuaram-se percursos distribuídos em trechos situados no interior da área da bacia hidrográfica, com registros mais detalhados em 61 pontos específicos (Figura 5.2.1.1). A definição dos percursos realizados foi pautada na existência de vias de acesso, assim como de sua trafegabilidade, nos mapeamentos geológicos, geomorfológicos, acesso à cursos d'água e de reconhecimento de solos pré-existentes, assim como no mapeamento topográfico produzido a partir do modelo SRTM. O objetivo principal dos levantamentos de campo foi confirmar a existência das ocorrências geológicas e pedológicas já mapeadas, elucidar dúvidas quanto à sua abrangência e/ou localização e identificar novas ocorrências porventura ainda não registradas e mapeadas, efetuar avaliação da compartimentação geomorfológica e de distribuição da rede hidrográfica na área de estudo, assim como medir vazões e coletar amostras de água em pontos selecionados para fins de análise de sua qualidade. Efetuou-se em todos os trajetos realizados o registro fotográfico dos elementos observados, assim como registro de coordenadas UTM em receptor GPS.

As observações de campo tiveram como base elementos como perfis em cortes de estradas e/ou morros, formas do relevo (feições planares e lineares, etc.), cotas altimétricas, mudanças ou quebras de declividade, grau de dissecação, discordâncias, distribuição e natureza da cobertura vegetal e uso da terra. Adicionalmente, durante os percursos de campo, procurou-se obter dados objetivos e subjetivos complementares às observações efetuadas por meio de

questionamentos sobre questões relacionadas à distribuição de materiais superficiais e subsuperficiais a moradores e trabalhadores nos locais visitados. O acesso ao local exato de algumas das futuras barragens foi prejudicado pela inexistência de vias trafegáveis.

Figura 5.2.1. 1. Pontos visitados na área de estudo.



Fonte: IGPLAN, 2009.

5.2.1.3. Contexto Climático

Contexto Geral

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias em uma determinada região. Diversos componentes contribuem para a definição de uma classificação climática, dentre eles os elementos climáticos e os fatores do clima. Os elementos climáticos mais comuns são a distribuição da umidade e da temperatura, controladas pelos fatores do clima, ou controladores climáticos, que correspondem à latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade e atividades humanas (Mendonça & Danni-Oliveira, 2007).

O sul do Brasil é considerado por Nimer (1989) como uma das áreas do globo que apresenta a melhor distribuição de chuvas durante o ano. Segundo o autor, os sistemas de circulação

atmosférica associados à ocorrência de chuvas atuam de forma mais ou menos semelhante sobre todo o território da Região Sul.

A dinâmica climática em nível estadual e, muitas vezes, local, é regida pelo predomínio durante o verão das massas de ar Equatorial Continental (mEc), Tropical Atlântica (mTa) e, eventualmente, Tropical Continental (mTc). A presença da massa Equatorial Continental (mEc), que tem origem na planície amazônica, promove a ocorrência de temperaturas e umidade elevadas, com intensa precipitação na forma de chuvas de convecção. Já a presença da massa Tropical Atlântica (mTa) é associada à ocorrência de fortes chuvas convectivas, porém de menor intensidade daquelas associadas à massa Equatorial Continental. Quando ocorre o predomínio da massa Tropical Continental (mTc), prevalece tempo quente e seco, com pluviosidade reduzida ou nula.

No inverno, a passagem da Frente Polar Atlântica (FPA) precede a chegada da Massa Polar Atlântica (mPa), que desloca as massas tropicais para o centro e norte do País. As entradas das frentes polares ocorrem em geral com grande intensidade na Região Sul e são caracterizadas pela incidência de chuvas com trovoadas, seguidas de ar frio e seco.

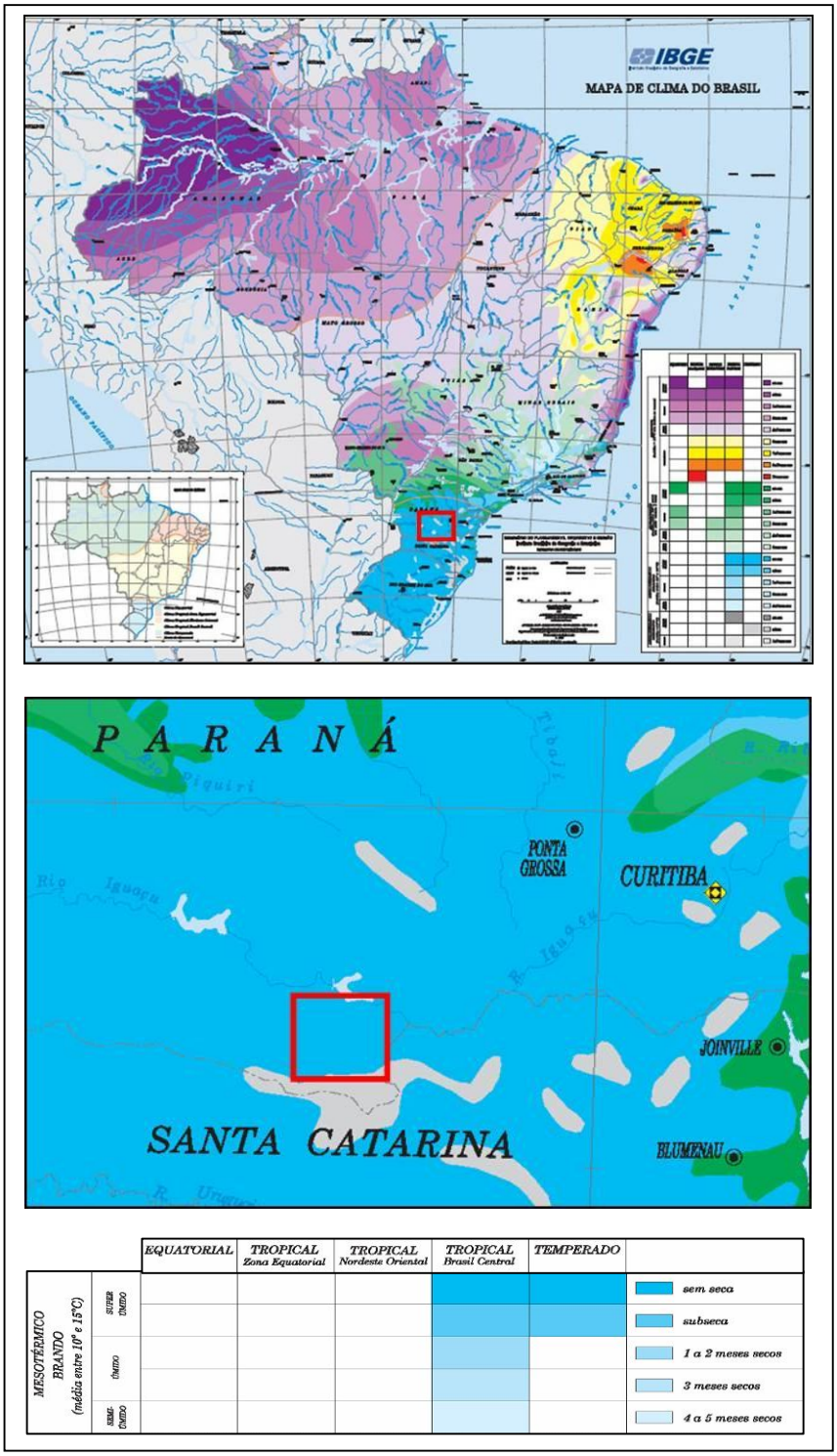
Diversas classificações climáticas podem ser aplicadas aos tipos e subtipos climáticos que ocorrem na região Sul do Brasil e no Estado do Paraná. Tais classificações procuram associar diferentes parâmetros climáticos, que se traduzem na definição de grupos climáticos principais.

Segundo o mapeamento climático do Brasil produzido pelo IBGE (2002) na escala 1:5.000.000, o Estado do Paraná abrange diferentes tipos climáticos, que variam no sentido norte-sul. Ocorre no norte, leste e parte do oeste do estado o clima Tropical dos tipos super-úmido e úmido. Em parte do oeste do estado e nos setores central e sul ocorre o clima Temperado. Ainda segundo o IBGE (2002), a região da bacia do rio Iratim é caracterizada pela ocorrência do clima Temperado Mesotérmico Brando, do tipo super úmido, sem estação seca e com temperaturas que variam entre 10^{o} e 15^{o}C (Figura 5.2.1.2).

O modelo de classificação proposto por Köppen, desenvolvido entre 1900 e 1936, abrange cinco grupos principais, subdivididos com base na distribuição sazonal da precipitação e nas características da temperatura. Tal combinação permite a composição de 24 diferentes tipos climáticos e constitui o sistema de classificação climática mais difundido no Brasil.

Segundo o mapeamento (sem indicação de escala) efetuado pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), ocorre na região da bacia do rio Iratim o tipo climático Cfb da classificação de Köppen, que indica clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações do ano, com verão moderadamente quente (Figura 5.2.1.3). Da mesma forma, o mapeamento efetuado pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), sem escala definida, também indica para a região da bacia a ocorrência do tipo climático Cfb da classificação de Köppen (Figura 5.2.1.4).

Figura 5.2.1.2: Contextualização climática nacional e regional segundo o IBGE. Em destaque a área de estudo.

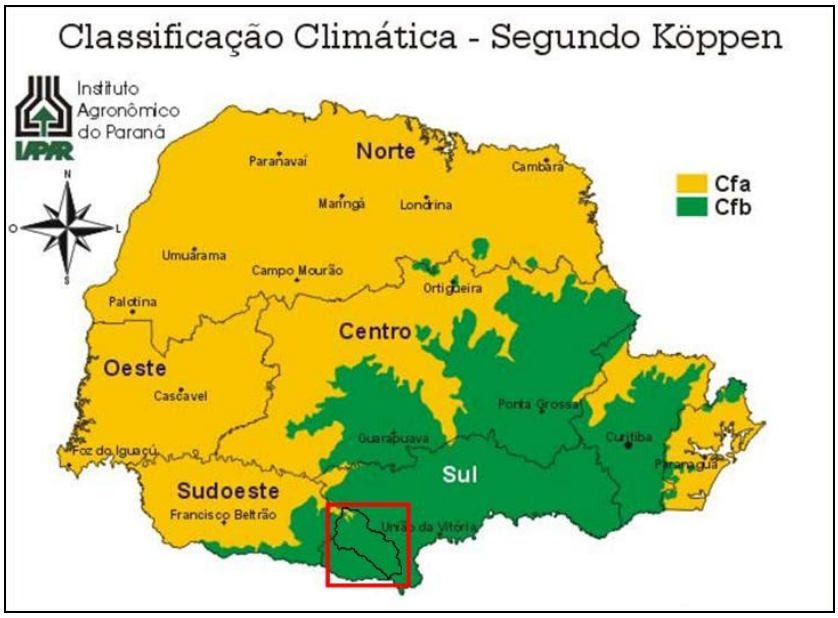


Fonte: IBGE, 2002.

Figura 5.2.1.3: Tipos climáticos do Estado do Paraná segundo o ITCG. Em destaque a área de estudo.

Fonte: ITCG, 2008.

Figura 5.2.1.4.: Classificação climática do Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



Fonte: IAPAR, 2009.

Já segundo o mapeamento disponibilizado pelo SISCOM/IBAMA na escala 1:3.000.000, ocorre na região da bacia o tipo climático Cfa, que indica clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão quente.

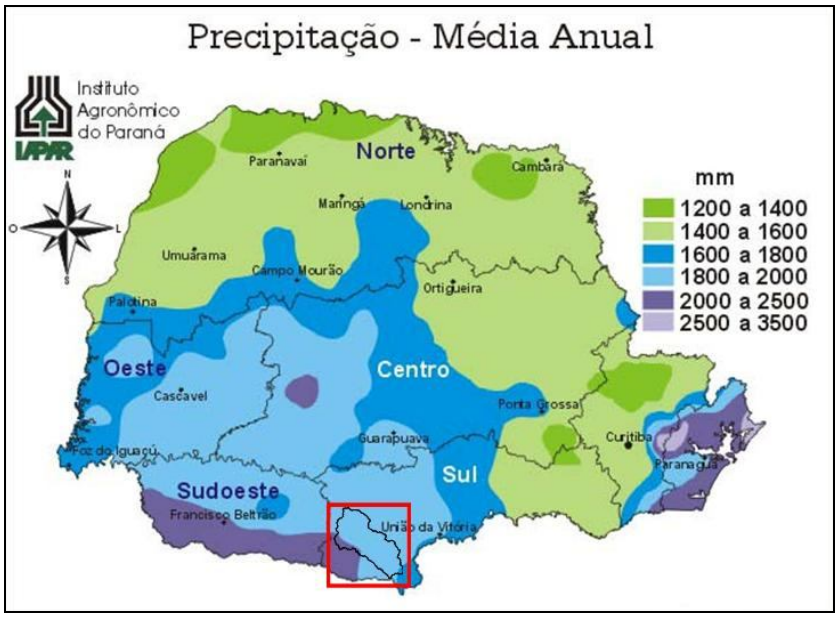
Precipitação e Umidade Relativa

A precipitação é um dos parâmetros mais utilizados na análise climatológica. Segundo o IAPAR (2009),

> o termo "precipitação" é definido como qualquer deposição d'água em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, incluindo a chuva, granizo, neve, neblina, chuvisco, orvalho e outros hidrometeoros. A precipitação é medida em altura, normalmente expressa em milímetros. Uma precipitação de 1 mm é equivalente a um volume de 1 litro de água numa superfície de 1 m^2.

Em termos de precipitação média anual, o Estado do Paraná apresenta, segundo o IAPAR (2009), valores que variam entre 1.200 a 1.400 mm, na porção norte e leste, e 2.500 a 3.500 mm no extremo leste do estado, junto à Serra do Mar. A região da bacia do rio Iratim conta predominantemente com uma precipitação média anual de 1.800 a 2.000 mm (Figura 5.2.1.5). Tais índices são também confirmados através do mapeamento de distribuição da precipitação média anual apresentado pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR (2009).

Figura 5.2.1.5: Distribuição das médias anuais de precipitação no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



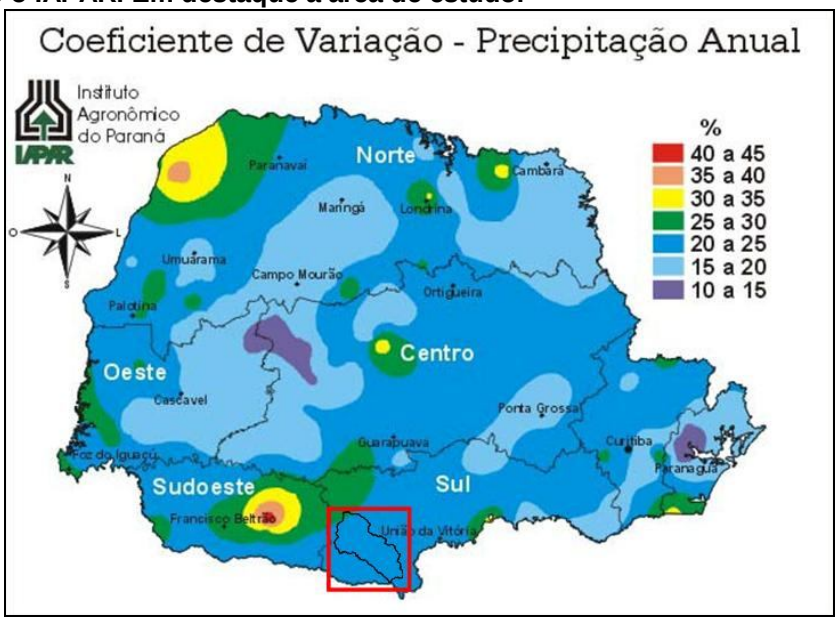
Fonte: IAPAR, 2009.

É característica do Estado do Paraná a baixa variação da precipitação. Segundo o IAPAR, o coeficiente de variação da precipitação anual que predomina no estado abrange principalmente as faixas de 15 a 20% e de 20 a 25%. A região em que se insere a bacia do rio Iratim apresenta predominantemente um coeficiente de variação da precipitação anual que oscila de 20 a 25% (Figura 5.2.1.6). Tal fato indica uma estabilidade superior a 75% no volume médio anual de chuvas esperado, o que confere à área boa condições para instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Quanto à distribuição da precipitação mensal, observa-se nos mapeamentos disponibilizados pelo IAPAR (2009) (Figura 5.2.1.7) que esta pode variar no estado de valores mensais mínimos entre 25 e 50mm, em junho e agosto, a valores mensais máximos entre 350 e 450 mm, de janeiro a março.

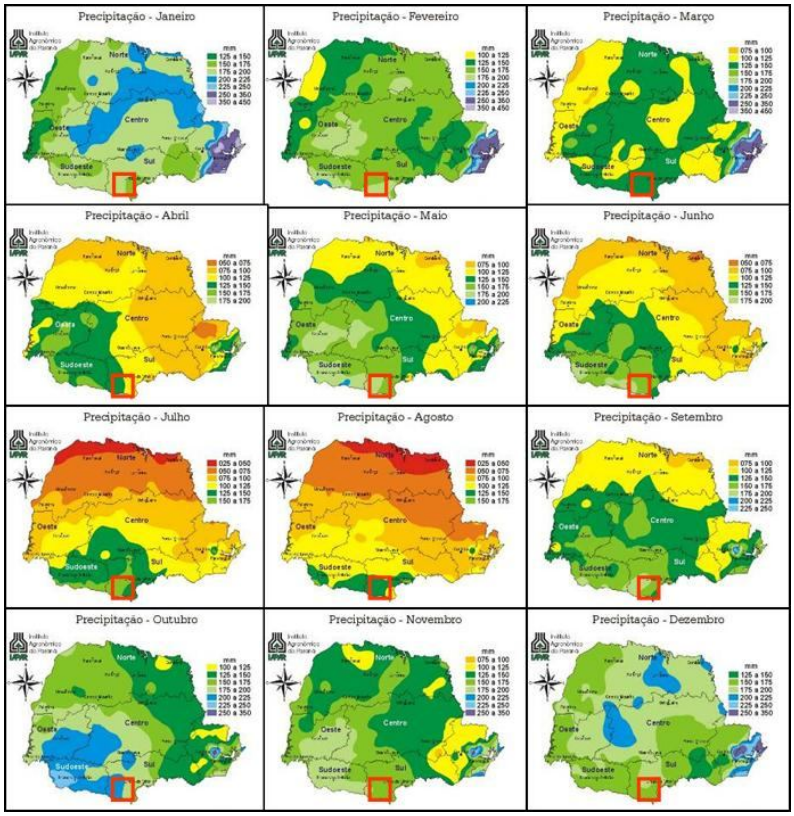
No entanto, é importante observar que na região onde se insere a bacia do rio Iratim a precipitação mensal pode variar em uma faixa ampla de 125 a 250 mm, porém com valores médios de aproximadamente 150 a 175 mm mensais distribuídos com pequenas variações em grande parte dos meses do ano.

Figura 5.2.1.6: Distribuição dos coeficientes de variação da precipitação anual no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



Fonte: IAPAR, 2009.

Figura 5.2.1.7: Distribuição da precipitação média mensal no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



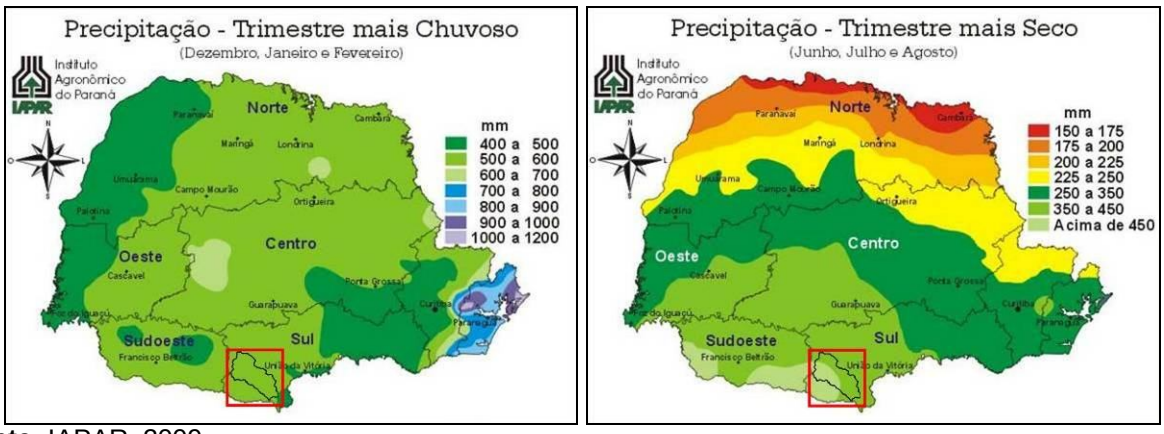
Fonte: IAPAR, 2009.

Ainda segundo o IAPAR (2009), o trimestre mais chuvoso (dezembro a fevereiro) apresenta no estado totais que variam entre 400 e 1.200 mm, estando a área em que se insere a bacia do rio Iratim situada na faixa de 500 a 600 mm de precipitação trimestral total, uma das mais baixas do Estado (Figura 5.2.1.8).

Por outro lado, o trimestre mais seco (junho a agosto) apresenta no estado totais que variam entre 150 a mais de 450 mm. A área em estudo situa-se nas faixas de 350 a 450 mm e acima de 450 mm de precipitação trimestral total, as mais elevadas do Estado (Figura 5.2.1.8).

Apesar do posicionamento da região da bacia na faixa entre as menores precipitações no trimestre mais chuvoso e entre as maiores precipitações no trimestre mais seco, a área é bastante estável em termos de distribuição da precipitação anual, pois os valores pouco oscilam entre o trimestre mais úmido (de 500 a 600 mm) e o mais seco (de 350 a superiores que 450 mm) (Figura 5.2.1.8).

Figura 5.2.1.8: Precipitação do trimestre mais chuvoso e mais seco no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



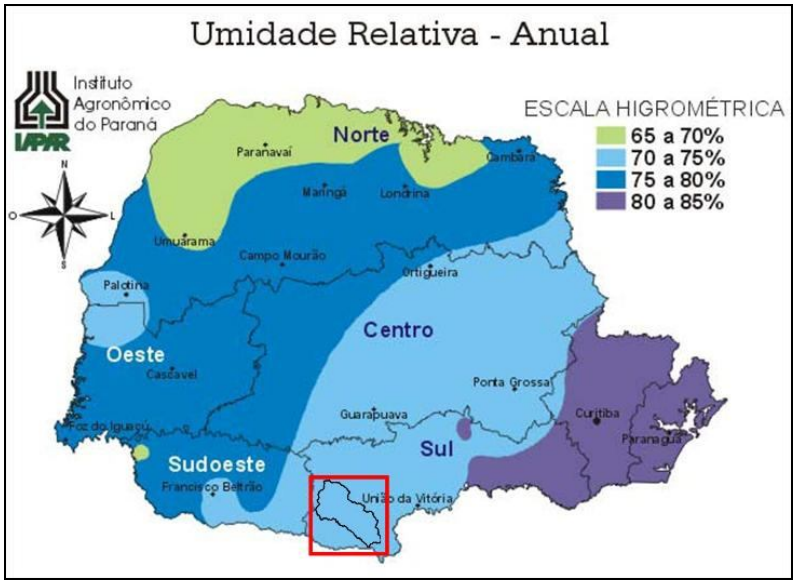
Fonte: IAPAR, 2009.

Com relação à umidade relativa, o IAPAR (2009) informa que esta

> é uma das formas de expressar o conteúdo de vapor existente na atmosfera. É definida como a relação entre o teor de vapor d'água contido no ar num dado momento e o teor máximo que esse ar poderia conter, à temperatura ambiente. O valor da umidade relativa pode mudar pela adição ou remoção de umidade do ar ou pela mudança de temperatura.

A distribuição da umidade relativa anual no Paraná varia na escala higrométrica entre 65 a 70%, no norte do estado, e 80 a 85% na sua porção leste. A região em que se situa a bacia do rio Iratim encontra-se na faixa de 70 a 75% de umidade relativa anual na escala higrométrica, o que indica tratar-se de área com valores elevados de umidade, porém não excessivos (Figura 5.2.1.9).

Figura 5.2.1.9: Distribuição da umidade relativa no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.

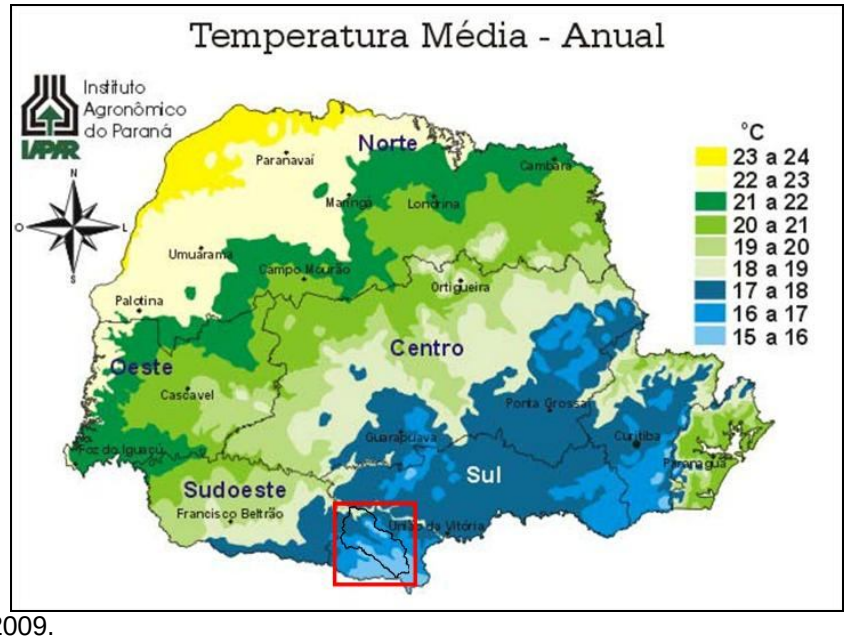


Fonte: IAPAR, 2009.

Temperatura, Evapotranspiração e Ventos

Além da precipitação, a temperatura é provavelmente o elemento mais discutido e analisado do tempo atmosférico. Os registros das séries históricas de temperaturas no Estado do Paraná indicam uma importante variação da temperatura média anual em seu território (Figura 5.2.1.10).

Figura 5.2.1.10: Distribuição da temperatura média anual no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



Fonte: IAPAR, 2009.

Observa-se que as maiores médias (> 22°C) são encontradas na porção noroeste do Estado, enquanto que as menores médias (<18°C) situam-se em uma faixa que o atravessa no sentido NE-SW, estando as menores médias absolutas (<16°C) concentradas no extremo sul do Estado (IAPAR, 2009).

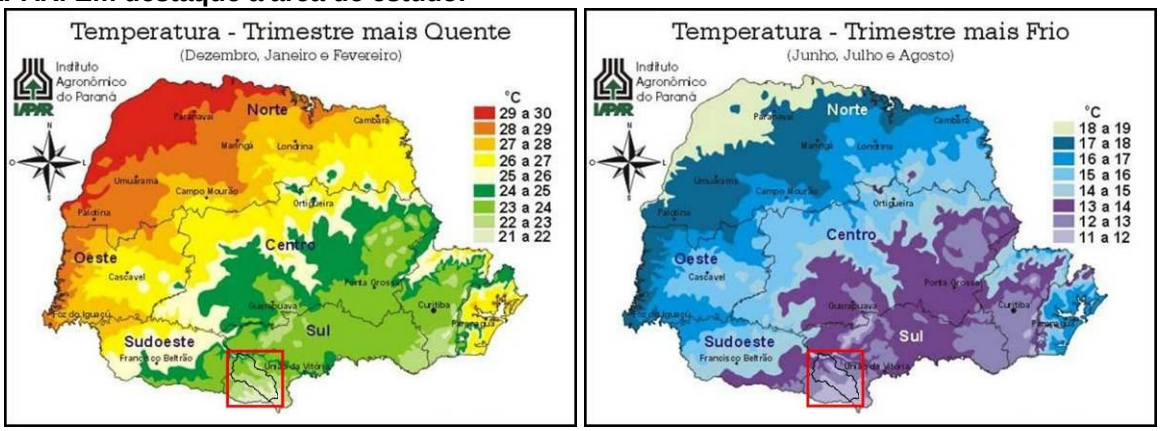
A área da bacia e entorno está localizada em uma das regiões mais frias do Estado do Paraná, onde ocorrem temperaturas médias anuais nas faixas de 17 a 18°C, de 16 a 17°C e de 15 a 16°C, estando essa última faixa associada às áreas de maior altitude. A amplitude térmica média da área em questão é, portanto, baixa.

Conforme o IAPAR (2009), o trimestre mais quente do ano (dezembro a fevereiro) registra temperaturas médias bastante diversas no território estadual, que variam entre a faixa de 29 a 30°C e a faixa de 21 a 22°C. Assim como para as temperaturas anuais médias, as faixas de maiores temperaturas referentes ao trimestre mais quente localizam-se no noroeste do estado, enquanto que as faixas de menores temperaturas situam-se distribuídas no eixo NE-SW localizado no sudeste do estado (Figura 5.2.1.11).

Ainda segundo o IAPAR (2009), o trimestre mais frio do ano (junho a agosto) apresenta temperaturas médias que variam entre a faixa de 18 a 19°C e a faixa de 11 a 12°C. Neste contexto repete-se uma vez mais a distribuição geográfica das médias de temperaturas,

estando as maiores médias localizadas a noroeste do estado e as menores na faixa NE-SW situada na porção sudeste do Paraná (Figura 5.2.1.11).

Figura 5.2.1.11: Temperaturas do trimestre mais quente e mais frio no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



Fonte: IAPAR, 2009.

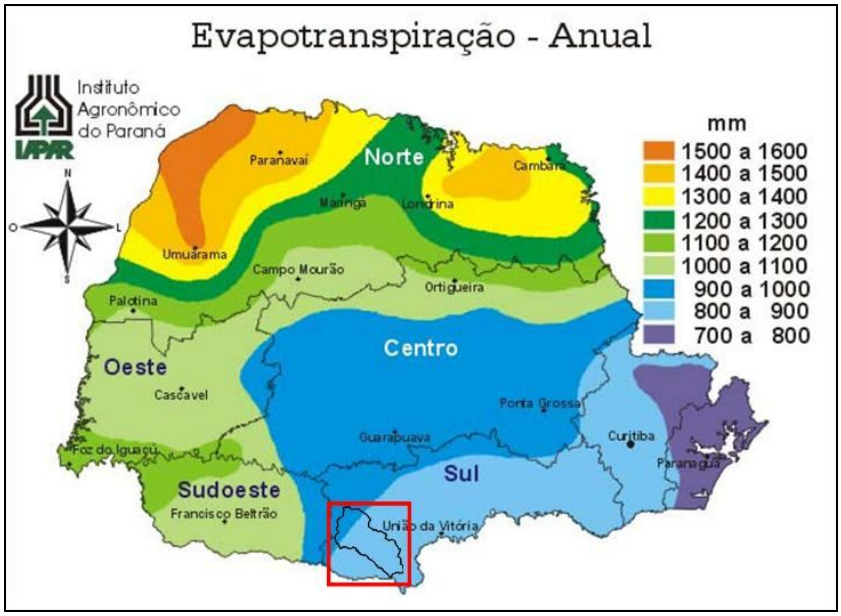
Na área da bacia e entorno verifica-se no trimestre mais quente o predomínio de médias nas faixas de 21 a 22°C, de 22 a 23°C e de 23 a 24°C, enquanto que no trimestre mais frio prevalecem as faixas de 11 a 12°C e de 12 a 13°C. Registra-se, assim, uma amplitude térmica de aproximadamente 12°C entre as médias de temperaturas do trimestre mais quente e do trimestre mais frio do ano.

Com relação à evapotranspiração, o IAPAR (2009) relata que

> a transferência de água de uma superfície qualquer para a atmosfera, por meio dos processos de evaporação e transpiração, é denominada evapotranspiração. Normalmente se estima a evapotranspiração devido à dificuldade de se separar os processos de evaporação - perda de água diretamente das superfícies para a atmosfera - e transpiração - perda de água dos organismos vegetais e animais para a atmosfera. A evapotranspiração é considerada como potencial quando ocorre a partir de uma superfície vegetada extensa e uniforme, coberta por vegetação de porte baixo e bem suprida de água.

Os registros do IAPAR (2009) apontam um gradiente de evapotranspiração anual para o Estado do Paraná, com valores mais elevados, entre 1500 e 1600 mm, situados no trecho noroeste do estado, e valores mais baixos, entre 700 e 800 mm e entre 800 e 900 mm, localizados no sudeste paranaense (Figura 5.2.1.12).

Figura 5.2.1.12: Distribuição da evapotranspiração anual no Estado do Paraná segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



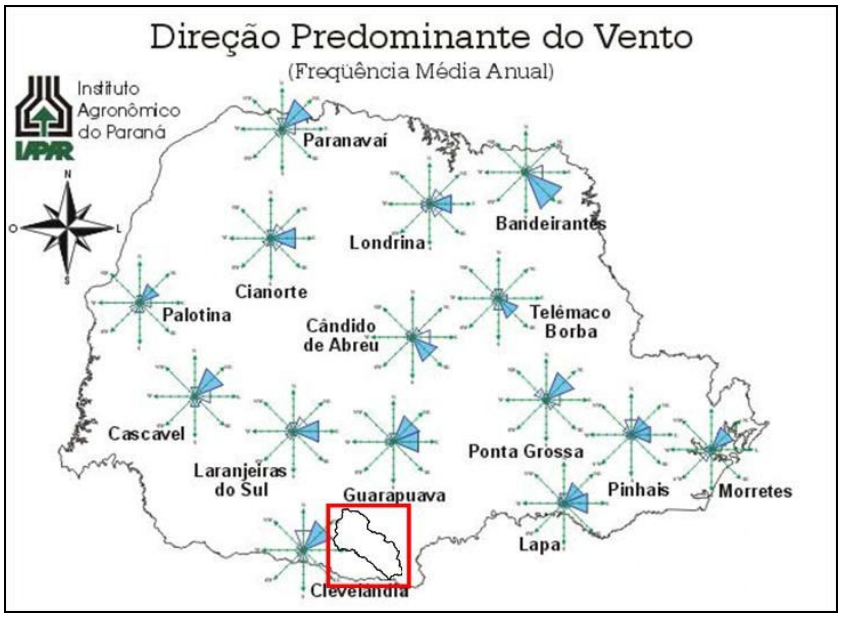
Fonte: IAPAR, 2009.

A região onde se localiza a bacia é caracterizada pela ocorrência predominante da faixa de evapotranspiração anual que oscila entre 800 e 900 mm, fato que evidencia um significativo superávit hídrico, uma vez que a precipitação anual média para a região situa-se na faixa entre 1.600 e 1.800 mm (Figuras 5.2.1.5 e 5.2.1.12).

Quanto à direção predominante dos ventos, o monitoramento no Estado do Paraná é efetuado pelo IAPAR em 15 estações meteorológicas. A freqüência média anual da direção predominante do vento não apresenta grandes variações no estado, concentrando-se principalmente no quadrante nordeste (Figura 5.2.1.13).

Não há uma estação de monitoramento na área de estudo e seu entorno imediato. Entretanto existem dados disponíveis referentes à estação Clevelândia, situada a cerca de 40 km do centro da bacia. Segundo os dados dessa estação, predominam, na área da bacia, ventos do quadrante nordeste (IAPAR, 2009) (Figura 5.2.1.13).

Figura 5.2.1.13: Freqüência média anual da direção predominante do vento em municípios monitorados no Estado do Paraná, segundo o IAPAR. Em destaque a área de estudo.



Fonte: IAPAR, 2009.

Dados Climatológicos na Região da Bacia

Os principais dados climatológicos disponíveis para a região da bacia referem-se a séries históricas das estações climatológicas localizadas nos municípios vizinhos de Clevelândia e Palmas, com os parâmetros temperatura do ar, umidade relativa, vento, precipitação, evaporação e insolação (Tabelas 5.2.1.2 e 5.2.1.3). Os dados foram coletados e organizados pelas empresas Correcta Consultoria e Projetos de Engenharia e EPP (Empresa Paranaense de Participações) para elaboração dos relatórios dos projetos básicos de aproveitamento do Complexo Hidrelétrico do rio Iratim.

Os dados da estação Clevelândia, em série histórica de 1973 a 2008, apontam uma precipitação média total no período de 2.104 mm, com precipitação máxima absoluta em 24 horas de 15 mm, ocorrida em julho de 2007, porém com precipitações máximas em 24 horas também significativas ocorridas em setembro de 1989 (142 mm), junho de 1992 (134 mm), abril de 2007 (132 mm) e agosto de 2006 (128 mm). Observa-se que tais ocorrências não estão concentradas em somente uma estação do ano, fato que indica uma boa distribuição dos totais anuais de chuva ao longo dos meses. Com relação à média de dias de chuva no mês, verifica-se que essa varia entre 9 e 15 dias nos meses de agosto e janeiro respectivamente, o que aponta para a inexistência de uma estação seca. A evaporação média total, de 1043 mm, quando comparada à precipitação média total, evidencia a existência de um importante superávit hídrico na região (Tabela 5.2.1.2).

Quanto à temperatura do ar, a média anual registrada na estação Clevelândia para o período analisado é de 17,3^{o}C, com média máxima de 27^{o}C em janeiro e média mínima de 8,9^{o}C em julho. A temperatura máxima absoluta no período foi de 34,8^{o}C em março de 2005 e a mínima absoluta de -5,6^{o}C em julho de 1975. A umidade relativa do ar é bem distribuída ao longo do ano e varia entre 73 e 80%, com média geral anual de 75,7% (Tabela 5.2.1.2).

Os dados da estação Palmas, em série histórica de 1979 a 2008, indicam uma precipitação média total no período analisado de 2.030 mm, com precipitação máxima absoluta em 24 horas de 133 mm, ocorrida em setembro de 1989, porém com precipitações máximas em 24 horas também significativas ocorridas em maio de 1979 (130 mm), outubro de 2005 (130 mm) e julho de 1983 (128 mm). Observa-se que tais ocorrências não estão concentradas em somente uma estação do ano, fato que indica uma boa distribuição dos totais anuais de chuva ao longo dos meses. Com relação à média de dias de chuva no mês, verifica-se que esta varia entre 9 e 15 dias nos meses de agosto e janeiro/fevereiro, respectivamente, o que aponta para a inexistência de uma estação seca. A evaporação média total de 786 mm, quando comparada à precipitação média total, evidencia a existência de um importante superávit hídrico na região (Tabela 5.2.1.3).

Tabela 5.2.1.2: Dados climatológicos da estação Clevelândia.

Est.: Clevelândia / Cód.: 02652003 / Lat.: 26°25´S / Long.: 52°21´W / Alt.: 930m — Período: 1973 - 2008

	Temperatura do ar (°C)							Um. Rel.	Vento		Precipitação (mm)				Evaporação	Insolação
MÊS	média	média máxima	média mínima	máxima absol.	ano	mínima absol.	ano	média (%)	direção pred.	veloc. (m/s)	total	máxima 24h	ano	dias de chuva	total (mm)	total (horas)
JAN	21,1	27	16,9	32,2	1986	8,4	1980	78	NE	3,5	193	115	1973	15	86,7	224
FEV	20,8	26,7	16,9	32,8	1979	6,8	1987	80	NE	3,3	162	97,5	1983	14	69,5	197
MAR	20,1	26,3	16	34,8	2005	2,6	1987	78	NE	3,3	130	107	1996	12	81	218
ABR	17,6	23,8	13,6	31,4	2007	0,4	1999	78	NE	3,5	173	119	2007	10	75,1	195
MAI	14,3	20,1	10,5	28,4	1981	-2,2	2007	79	NE	3,5	178	130	1979	10	68,5	191
JUN	13,1	18,8	9,3	25,6	2001	-3,8	1994	79	N	3,7	162	119	1992	10	67	171
JUL	12,9	18,9	8,9	26,4	77/87	-5,6	1975	75	N	4,2	139	128	1983	10	84,9	196
AGO	14,5	20,9	10	30,4	1999	-4,7	1991	71	NE	4	126	119	1990	9	103	200
SET	15,3	21,5	10,9	33,2	1988	-2,6	2006	73	NE	4,2	166	133	1989	11	92	183
OUT	17,8	24	13,2	32,4	2006	0,4	1985	73	NE	4	235	130	2005	13	98,4	200
NOV	19,2	25,6	14,4	36	1985	2,8	1992	71	NE	3,9	189	93,8	1997	12	111	229
DEZ	20,6	26,7	16	34	1985	7,8	1982	74	NE	3,7	180	105	1975	13	107	231
ANO	17,3	23,4	13					75,7			2030			138	1043	2435

Fonte: Correcta Consultoria e Projetos de Engenharia, 2008.

Tabela 5.2.1.3: Dados climatológicos da estação Palmas.

Est.: Palmas / Cód.: 02651043 / Lat.: 26°29´S / Long.: 51°59´W / Alt.: 1100m — Período: 1979 - 2008

	Temperatura do ar (°C)							Um. Rel.	Vento		Precipitação (mm)				Evaporação	Insolação
MÊS	média	média máxima	média mínima	máxima absol.	ano	mínima absol.	ano	média (%)	direção pred.	veloc. (m/s)	total	máxima 24h	ano	dias de chuva	total (mm)	total (horas)
JAN	20,3	26,4	15,9	32,2	1979	6,2	1994	78	-	-	182	83,6	1996	15	75,1	211
FEV	20	26	15,9	32,6	1979	6,2	1987	80	-	-	175	85,3	1997	15	60,5	190
MAR	19,2	25,5	15	32,4	2005	2,4	1987	79	-	-	132	83,4	1983	12	69	206
ABR	16,7	22,8	12,7	29,4	1998	-1	1995	81	-	-	179	132	2007	11	55,9	177
MAI	13,2	19,4	9,1	28,2	1981	-2,6	2007	81	-	-	194	108	1992	10	47,4	183
JUN	12,1	18,3	8	28	2000	-6,8	1981	81	-	-	167	134	1992	10	43,4	167
JUL	11,7	18,2	7,4	27	1979	-6,4	2000	77	-	-	157	155	2007	10	56,7	193
AGO	13,5	20,4	8,7	29,6	1994	-5,1	1991	73	-	-	125	128	2006	9	73,7	206
SET	14,3	20,7	9,8	31,4	1988	-3,4	2006	74	-	-	180	142	1989	11	71	176
OUT	16,9	22,9	12,3	31,6	2006	-1,4	1982	76	-	-	260	113	2005	14	70,1	192
NOV	18,3	24,6	13,4	34,4	1985	3,2	1979	73	-	-	170	96,6	2003	12	81,2	225
DEZ	19,7	25,8	15	32,4	1985	4,4	1982	75	-	-	184	98,4	1990	13	81,9	219

ANO	16,3	22,6	11,9		77,1	-	-	2104		141	786	2343

Fonte: Correcta Consultoria e Projetos de Engenharia, 2008.

A temperatura média anual do ar a registrada na estação Palmas para o período analisado é de 16,3°C, com média máxima de 26,4°C em janeiro e média mínima de 7,4°C em julho. A temperatura máxima absoluta no período foi de 34,4°C em novembro de 1985 e a mínima absoluta de -6,8°C em junho de 1981. A umidade relativa do ar é bem distribuída ao longo do ano e varia entre 73 e 81%, com média geral anual de 77,1% (Tabela 5.2.1.3).

Com relação à precipitação, dados adicionais levantados e analisados pelas empresas que elaboraram os relatórios dos projetos básicos de aproveitamento do Complexo Hidrelétrico do rio Iratim detalham a realidade pluviométrica regional. Foram consultados dados de seis estações pluviométricas localizadas na região da PCH e entorno, em séries históricas que variam entre os anos 1956 e 2000 e entre 1976 e 2000 (Tabela 5.2.1.4). Dados a partir do ano 2001 foram obtidos das estações Clevelândia e Palmas.

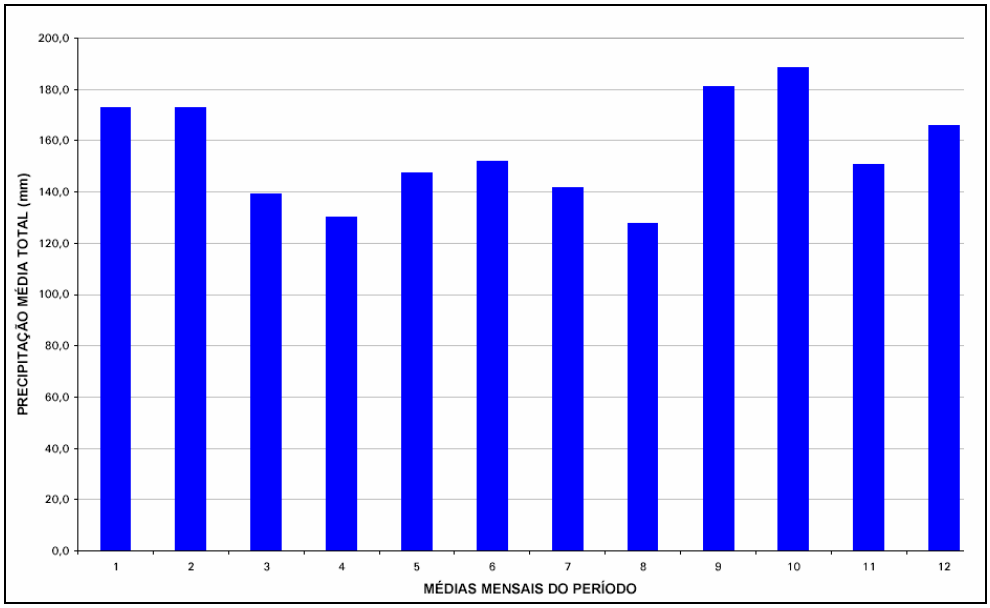
Tabela 5.2.1.4: Estações pluviométricas consultadas.

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS						
Código	Nome da estação	Localização	Altitude	Entidade	Início	Fim
02651013	Colônia A. Loureiro	26°11'S/51°17'W	900	SUDERSHA	1956	2000
02651015	Usina Bituruna	26°10'S/51°33'W	900	SUDERSHA	1956	2000
02651028	Faz. S. Lourenço	26°18'S/51°40'W	1.200	SUDERSHA	1976	1999
02651029	São Pedro Codega	26°26'S/51°34'W	1.150	SUDERSHA	1976	2000
02651031	Ubaldino Taques	26°13'S/51°54'W	1.100	SUDERHSA	1976	2000
02651032	S. João do Cerro Agudo	26°15'S/51°48'W	1.070	SUDERHSA	1976	1988

Fonte: Correcta Consultoria e Projetos de Engenharia, 2008.

As precipitações totais mensais em nível regional foram obtidas pelo cálculo da média aritmética das precipitações totais diárias dos postos selecionados, efetuado pela empresa responsável pela elaboração do Inventário do rio Iratim (Figura 5.2.1.14; Tabela 5.2.1.5).

Figura 5.2.1.14: Médias mensais de precipitação entre 1956 e 2007.



Fonte: Correcta Consultoria e Projetos de Engenharia, 2008.

Observa-se na Tabela 5.2.1.5 que a média total da precipitação regional entre 1956 e 2007 é de 1.872,5 mm, com média anual máxima de 3.501,2 mm em 1983 e mínima de 1.270,3 em 1978. A média mensal máxima refere-se ao mês de outubro, com 188,6 mm e a média mensal mínima ao mês de agosto, com 127,6 mm. A média máxima absoluta de precipitação mensal no período foi de 949,5 mm em julho de 1983 e a mínima absoluta de 3,2 mm em abril de 1978.

Tabela 5.2.1.5: Precipitação média mensal e anual na bacia do rio Iratim entre 1956 e 2007.

PRECIPITAÇÃO ANUAL NA BACIA DO IRATIM

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1956	246,6	109,2	115,1	216,5	175,8	76,0	86,0	110,2	159,2	62,8	28,3	90,5	1476,0
1957	201,4	133,3	97,3	178,6	7,5	305,7	315,7	273,1	401,5	153,3	139,4	147,0	2353,7
1958	135,3	112,3	196,0	51,9	20,7	95,3	134,6	135,5	278,7	109,3	184,2	189,5	1643,1
1959	84,5	203,7	119,3	112,4	124,8	93,1	65,5	125,8	107,4	104,1	119,3	94,1	1353,7
1960	146,1	131,5	73,2	98,5	83,1	69,9	44,0	103,9	133,3	223,7	178,6	121,2	1406,9
1961	142,5	141,5	318,9	162,4	108,9	82,1	21,2	54,7	306,3	212,0	149,2	161,9	1861,5
1962	162,6	173,5	133,6	81,4	128,3	55,2	69,0	39,9	194,0	234,7	61,8	52,4	1386,4
1963	270,0	157,0	150,5	41,2	97,8	48,8	24,1	52,0	129,3	305,2	251,8	108,4	1636,1
1964	132,7	152,5	145,2	106,8	101,3	139,6	120,7	219,2	123,1	75,5	98,4	123,5	1538,3
1965	155,9	154,3	56,4	207,0	146,5	84,8	254,9	95,4	221,2	267,8	195,2	241,3	2080,6
1966	164,1	293,2	72,3	63,1	55,4	231,6	63,1	85,9	165,7	259,5	113,6	193,9	1761,4
1967	202,1	202,7	219,2	47,4	69,3	129,7	61,4	146,9	80,3	116,4	152,7	224,3	1652,4
1968	167,5	56,9	117,4	115,5	25,0	61,9	112,6	45,4	97,9	139,5	136,9	210,9	1287,3
1969	146,5	168,5	127,3	217,1	175,3	215,8	104,6	70,3	200,9	144,6	143,4	153,2	1867,5
1970	105,1	167,3	122,2	74,3	113,1	279,5	123,8	36,4	194,4	139,7	38,2	315,7	1709,7
1971	236,6	127,2	173,6	160,4	207,4	205,5	152,1	64,7	94,3	121,5	29,3	122,8	1695,3
1972	185,3	286,8	159,8	96,3	17,6	181,5	175,7	344,5	354,7	184,2	149,7	143,8	2279,9
1973	276,6	218,7	141,1	148,4	202,4	201,2	148,3	296,5	229,8	177,6	140,2	191,0	2371,8
1974	142,1	177,5	49,8	85,9	47,3	176,6	144,1	98,3	91,8	128,6	129,8	168,3	1440,1
1975	139,1	218,1	124,3	46,2	58,8	84,6	65,0	120,0	271,4	206,8	247,5	208,7	1790,4
1976	197,6	93,3	183,9	102,9	175,7	147,7	133,7	146,1	103,3	183,7	159,9	148,8	1776,4
1977	174,0	151,0	252,6	87,5	23,7	151,6	97,6	170,5	85,4	189,6	166,7	158,0	1708,2
1978	126,9	54,2	141,6	3,2	72,4	71,0	193,9	62,4	108,9	111,4	173,0	151,4	1270,3
1979	52,9	117,6	85,4	147,1	337,1	37,9	105,3	144,8	156,0	362,4	167,0	184,8	1898,1
1980	171,1	155,6	170,5	73,5	193,3	97,5	139,9	165,0	184,3	119,8	100,4	244,1	1815,0
1981	215,3	204,1	95,7	198,0	52,0	117,5	25,2	99,1	119,7	143,8	169,8	204,8	1645,0
1982	103,2	200,9	60,4	31,1	112,6	253,5	236,9	136,6	40,7	269,4	464,2	130,3	2039,7
1983	176,1	215,6	197,3	216,6	488,8	299,0	949,5	59,8	290,9	235,0	201,1	171,6	3501,2
1984	137,8	70,2	187,5	115,0	142,1	259,0	82,1	423,5	167,3	64,3	318,1	194,1	2160,7
1985	27,6	312,6	114,5	250,5	82,7	73,4	83,0	73,8	115,4	198,1	123,6	83,8	1538,8
1986	185,2	310,4	105,4	228,8	253,1	28,8	77,1	186,7	159,5	183,2	190,6	111,9	2020,5
1987	117,3	231,6	61,8	140,9	481,1	222,6	133,4	101,0	74,2	167,0	136,1	105,1	1972,0
1988	112,3	170,2	88,4	128,5	360,2	140,7	10,0	21,3	51,2	223,1	50,4	250,3	1606,4
1989	304,0	192,4	109,9	146,0	137,4	68,6	177,4	128,5	308,6	171,7	116,8	79,6	1941,0
1990	315,2	99,9	161,8	295,6	165,9	287,2	198,1	200,9	193,3	184,7	199,9	147,6	2449,9
1991	152,6	39,1	116,2	158,8	35,0	247,0	81,7	77,1	60,5	184,0	154,6	199,7	1506,2
1992	90,1	145,3	153,4	96,9	474,8	206,1	156,3	163,2	144,2	132,6	182,0	120,1	2065,0
1993	226,6	102,7	146,4	120,5	261,0	99,1	146,9	9,6	307,7	163,1	101,0	171,8	1856,1
1994	84,2	234,9	51,0	99,0	230,8	186,1	233,2	9,8	118,5	170,7	208,7	258,4	1885,4
1995	306,8	184,0	117,2	87,9	29,1	158,7	116,4	36,6	278,3	160,0	68,4	163,4	1706,8
1996	286,5	216,4	293,4	22,6	26,5	232,1	167,7	121,0	229,0	310,7	125,6	253,6	2285,1
1997	200,9	349,0	87,7	78,8	174,0	246,9	121,0	249,8	207,0	419,0	283,7	179,3	2596,9
1998	251,9	202,9	309,7	481,0	123,2	77,0	138,0	335,8	322,5	297,0	72,2	205,7	2816,8
1999	204,7	165,3	67,7	149,2	93,1	195,1	174,9	6,8	134,2	275,1	56,5	140,7	1663,2
2000	170,4	189,6	203,1	90,9	138,0	116,3	119,0	95,5	361,6	201,8	108,6	152,3	1946,8
2001	247,8	299,7	181,3	124,9	137,5	154,7	133,1	86,9	97,0	325,8	140,6	125,8	2055,0
2002	155,5	101,1	121,4	60,7	232,2	54,5	76,9	130,7	197,2	237,5	275,2	121,6	1764,4
2003	91,1	179,1	131,3	87,1	65,3	173,4	80,7	39,0	79,0	139,9	219,4	376,1	1661,1
2004	125,0	66,1	87,3	109,9	230,1	92,6	155,7	48,5	100,7	324,2	244,1	65,2	1649,2
2005	191,8	38,1	89,6	170,2	263,6	180,3	111,6	140,4	274,7	409,6	78,3	74,8	2022,9
2006	174,3	84,3	159,4	44,1	4,9	42,0	73,1	96,9	172,3	96,1	170,0	154,8	1272,0
2007	186,1	135,0	148,1	315,7	308,9	36,0	142,9	30,5	51,2	200,0	209,2	169,6	1933,1
Média	173,2	173,2	139,4	130,3	147,3	152,0	141,9	127,6	181,3	188,6	150,8	166,1	1872,5

Fonte: Correcta Consultoria e Projetos de Engenharia, 2008.

A diferença de 47,5% entre as médias de precipitação dos meses mais e menos chuvosos (outubro e agosto, respectivamente) indica tratar-se de região úmida. Suas médias mensais são elevadas durante todo o ano, sempre acima de 127 mm, porém apresenta um período com índices menos elevados, entre abril e agosto (Tabela 5.2.1.5). A ocorrência de valores absolutos máximos e mínimos extremos deve ser observada com cautela e analisada sob a

ótica de fenômenos cíclicos relacionados à macro circulação atmosférica, como, por exemplo, El Niño e La Niña, entre outros.

5.2.1.4. Contexto Geológico

Geologia do Estado do Paraná

A evolução geológica do Estado do Paraná, segundo a MINEROPAR (2001), teve início há mais de 2.800 milhões de anos (Ma). Os registros geológicos anteriores a 570 milhões de anos, ainda que descontínuos, referem-se essencialmente a rochas magmáticas e metamórficas que constituem o embasamento da Plataforma Sul-Americana. Posteriormente, a plataforma constituiu a base para a formação das unidades sedimentares e vulcânicas. Esse embasamento, também referido pelo termo Escudo, está exposto na parte leste do Estado (Primeiro Planalto e Litoral), sendo capeado a oeste pela cobertura vulcânica e sedimentar denominada Bacia do Paraná (Figura 5.2.1.15).

O Escudo Paranaense compõe as porções mais antigas e elevadas do Estado do Paraná, constituído por rochas cristalinas, ígneas e metamórficas da Plataforma Sul-Americana, sendo recoberto a oeste pelas rochas sedimentares paleozóicas da bacia. Na área do embasamento cristalino são reconhecidos quatro conjuntos litológicos, ou compartimentos, definidos com base em parâmetros estratigráficos, tectônicos e geocronológicos:

- Arqueano e Proterozóico Inferior: terrenos cristalinos de alto grau metamórfico (fácies anfibolito a granulito);

- Proterozóico Superior: terrenos cristalinos de baixo grau metamórfico (fácies xisto verde a anfibolito), que afloram principalmente na porção norte-noroeste do Primeiro Planalto Paranaense;

- Proterozóico Superior ao Paleozóico Inferior: representado pelo magmatismo ácido, durando, com interrupções, até o começo do Paleozóico;

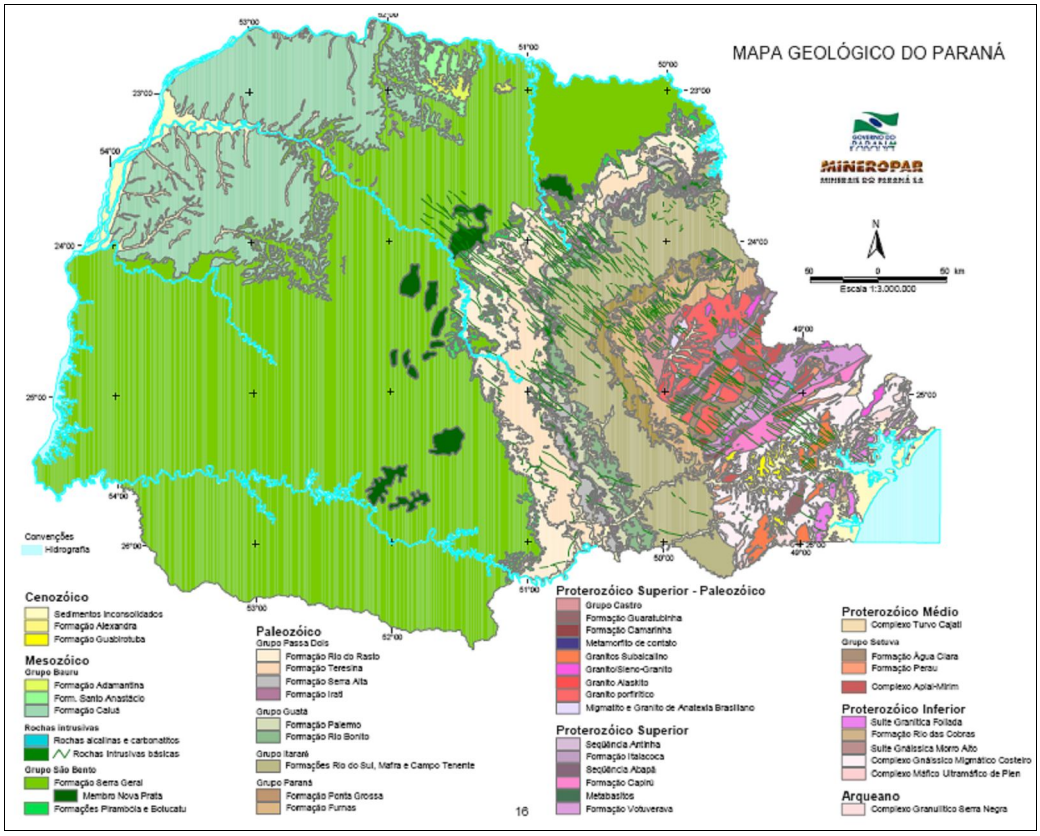
- Paleozóico: bacias vulcano-sedimentares e sedimentares restritas formadas no Ordoviciano, durante a transição entre o final do Ciclo Brasiliano e a cratonização da Plataforma Sul-Americana, ao final das atividades orogênicas.

A Bacia do Paraná compreende o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense e recobre a maior porção do Estado. Trata-se de uma bacia sedimentar, intracratônica ou sinéclise, que evoluiu sobre a Plataforma Sul-Americana. Sua formação teve início no Período Devoniano, há cerca de 400 milhões de anos, terminando no Cretáceo. A persistente subsidência na área de formação da bacia, embora de caráter oscilatório, possibilitou a acumulação de grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e sills de diabásio, ultrapassando 5.000 metros na sua porção mais profunda.

A forma da Bacia do Paraná é aproximadamente elíptica, aberta para sudoeste, e cobre uma área da ordem de 1,5 milhão de km^2. Apresenta inclinação homoclinal em direção ao oeste, a porção mais deprimida. Sua forma superficial côncava deve-se ao soerguimento flexural, denominado Arqueamento de Ponta Grossa.

As extensas deformações estruturais, tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, são classificadas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos. A consolidação e evolução final do embasamento da Bacia do Paraná ocorreram no Ciclo Tectono-magmático Brasiliano, entre o Pré-Cambriano Superior e o Eo-Paleozóico. Sua evolução se deu por fases de subsidência e soerguimento com erosão associada, no transcorrer das quais a sedimentação se processou em sub-bacias. Na área da Bacia do Paraná podem ser individualizados três conjuntos litológicos:

Figura 5.2.1.15: Mapa geológico do Estado do Paraná.



Fonte: MINEROPAR, 2001.

- Paleozóico: diz respeito aos depósitos sedimentares paleozóicos, correspondentes à grande feição de sedimentação marinha e litorânea conhecida como Bacia do Paraná, que se estende por mais de 1.500.000 km^2 no sul e sudeste brasileiro e se manifesta geomorfologicamente no Segundo Planalto;

- Mesozóico: constituído por rochas sedimentares de origem continental, de idade triássica, e por rochas ígneas extrusivas de composição predominantemente básica de idade jurássica-cretácea, responsáveis pelas feições do Terceiro Planalto Paranaense. Os últimos eventos de grande expressão na coluna estratigráfica no final do Cretáceo são os depósitos sedimentares de ambiente continental árido representados pelos sedimentos arenosos do noroeste do Estado;

- Cenozóico: formado por sedimentos inconsolidados, de origem continental e marinha, que recobrem parcialmente as unidades acima descritas.

As últimas unidades geológicas a se formarem na região do Estado do Paraná são os sedimentos da Era Cenozóica. Os exemplos mais expressivos são:

- os depósitos originados em clima semi-árido que recobrem boa parte dos municípios de Curitiba e Tijucas do Sul;

- os depósitos sedimentares originados do intemperismo das rochas cristalinas da Serra do Mar que ocorrem na descida para o litoral;

- os depósitos marinhos de areia da orla costeira e os inúmeros aluviões recentes dos rios que cortam o território paranaense.

Geologia da Bacia do Paraná

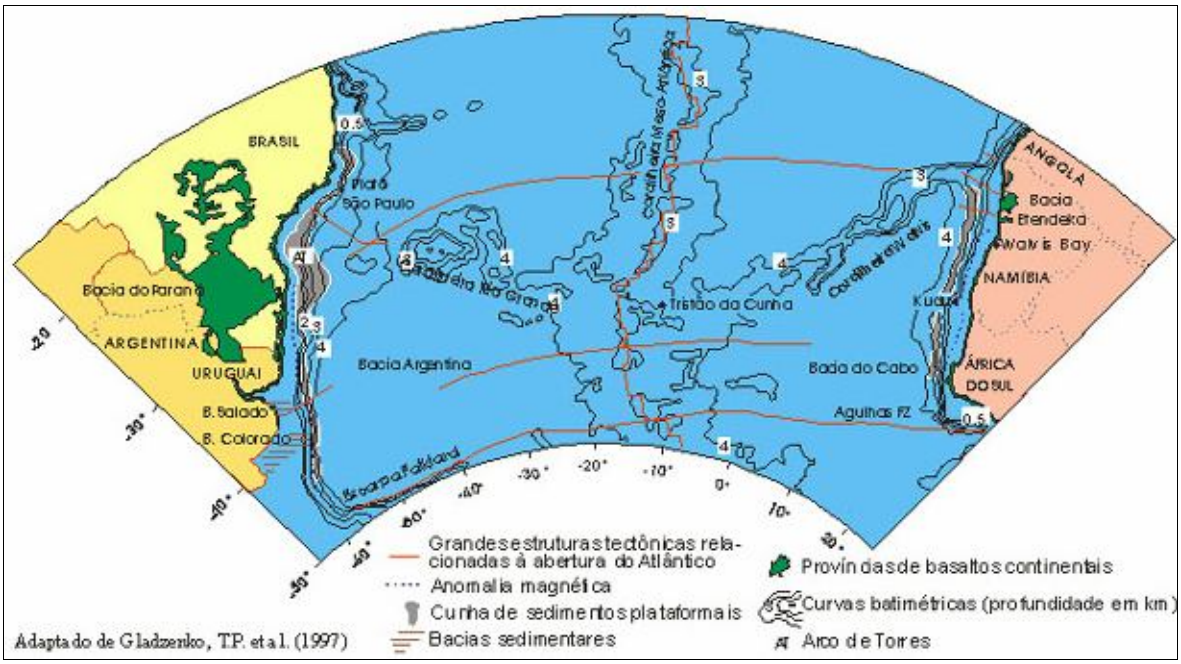
A Bacia do Paraná recobre toda a porção centro-oriental da América do Sul, e tem continuidade no oeste do Continente Africano até o noroeste da Namíbia. Estas áreas apresentam características geológicas semelhantes em ambos os continentes, sendo um dos argumentos utilizados como indicador da presença de um grande continente pré-abertura do Oceano Atlântico e da deriva continental, denominado Gondwana, cuja fragmentação ou separação teve início aproximadamente há 120 Ma (milhões de anos) (CPRM, 2004).

Testemunhos desta separação estão presentes tanto na Bacia do Paraná (Brasil) quanto na de Etendeka (Namíbia), relacionados aos episódios finais do preenchimento destas bacias e suas conexões com o rompimento de Gondwana, especialmente no que diz respeito ao deserto Botucatu e à Serra Geral (Figura 5.2.1.16).

A Bacia do Paraná corresponde à porção Sul-Americana desta grande entidade geológica, que recobre uma área de aproximadamente $1{,}6x10^6$ km^2. A evolução desta bacia pode ser entendida em quatro grandes episódios (Almeida, 1981), sendo cada um característico de um ciclo tectono-sedimentar completo (SLOSS, 1963 *apud* CPRM 2004). Os dois primeiros ciclos estão relacionados à sedimentação em uma bacia sinforme subsidente e os dois últimos correspondem às fases de soerguimento e extrusão de grande quantidade de lavas toleíticas, relacionadas ao intumescimento da crosta ocorrido ao redor de 135 - 120 Ma.

Cerca de 730.000 km^2 da parcela brasileira desta bacia estão recobertos pela Formação Botucatu e pelos derrames relacionados ao Magmatismo Serra Geral, correspondentes às fases finais de preenchimento da bacia, porção que atinge cerca de 1.700 m de espessura junto ao seu depocentro, posicionado no oeste do Estado do Paraná.

Figura 5.2.1.16: Mapa de localização das áreas identificadas como testemunhos associados à separação do continente Gondwânico.



Fonte: CPRM, 2004.

A evolução da Bacia do Paraná, que durou mais de 350 milhões de anos, se fez em grandes ciclos geológicos, acompanhados de avanços e recuos da linha de costa de um antigo oceano que circundava o supercontinente Gondwana. Essas mudanças muito lentas, comparadas com a escala de tempo de eventos humanos, possibilitaram a formação de rochas de origens diversas como marinha, lacustre, fluvial, glacial, que compõem a seqüência sedimentar paleozóica da Bacia do Paraná. Durante o Jurássico, esta extensa bacia transformou-se num imenso deserto (o deserto Botucatu) com mais de 1,5 milhões de km^2, que cobriu parte do que é hoje o sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina.

A Formação Botucatu representa um ciclo sedimentar final do preenchimento da Bacia do Paraná-Etendeka e iniciou-se como vasta superfície de deflação eólica que marcou o clímax da aridez desértica no interior desta bacia, caracterizando um prolongado episódio de interrupção da sedimentação que se desenvolvia, associado a fenômenos de rearranjo da sua morfologia.

No topo da seqüência estratigráfica da Bacia do Paraná, a Formação Serra Geral demarca o término do episódio magmático eocretácico de preenchimento desta entidade geológica. A Formação Serra Geral corresponde a um dos maiores eventos de vulcanismo do planeta, o qual se encerra com a abertura do Atlântico Sul e a ruptura de Gondwana.

O contato entre as areias do antigo deserto Botucatu e os derrames de lavas da Formação Serra Geral configura desconformidade de ambientes geológicos, em função principalmente da natureza distinta dessas rochas. Entretanto, pode-se inferir uma relação transicional entre os campos de dunas eólicas e os derrames de lavas, visto que foi mantida uma alternância entre os ambientes durante certo intervalo de tempo. Esta transição estende-se até o total

soterramento das areias pelas lavas, impedindo a manutenção e desenvolvimento do regime desértico após os primeiros eventos eruptivos (CPRM, 2004).

Em alguns pontos sob a Formação Serra Geral pode-se observar a morfologia das dunas ainda perfeitamente preservadas, sendo recobertas progressivamente por vários fluxos extrusivos, assim como a presença de corpos eólicos lenticulares intercalados nos derrames inferiores da seção Serra Geral, materializando esta interdigitação basalto/arenito, elemento ilustrativo da coexistência temporal de ambos os sistemas. Esses elementos também constituem um importante critério cronológico para o estabelecimento da idade mínima do deserto de Botucatu (138 Ma).

Aspectos Geológicos da Área da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Iratim localiza-se na Bacia do Paraná e está inserida em apenas um grupo litológico, em áreas de magmatismo mesozóico dos derrames da Formação Serra Geral (Figuras 5.2.1.17 e 5.2.1.18). A Formação Serra Geral possui idades de formação associadas ao Jurássico e ao Cretáceo (Figura 5.2.1.17).

A Tabela 5.2.1.6 indica a unidade litoestratigráfica que ocorre na área da bacia hidrográfica do rio Iratim e sua respectiva área.

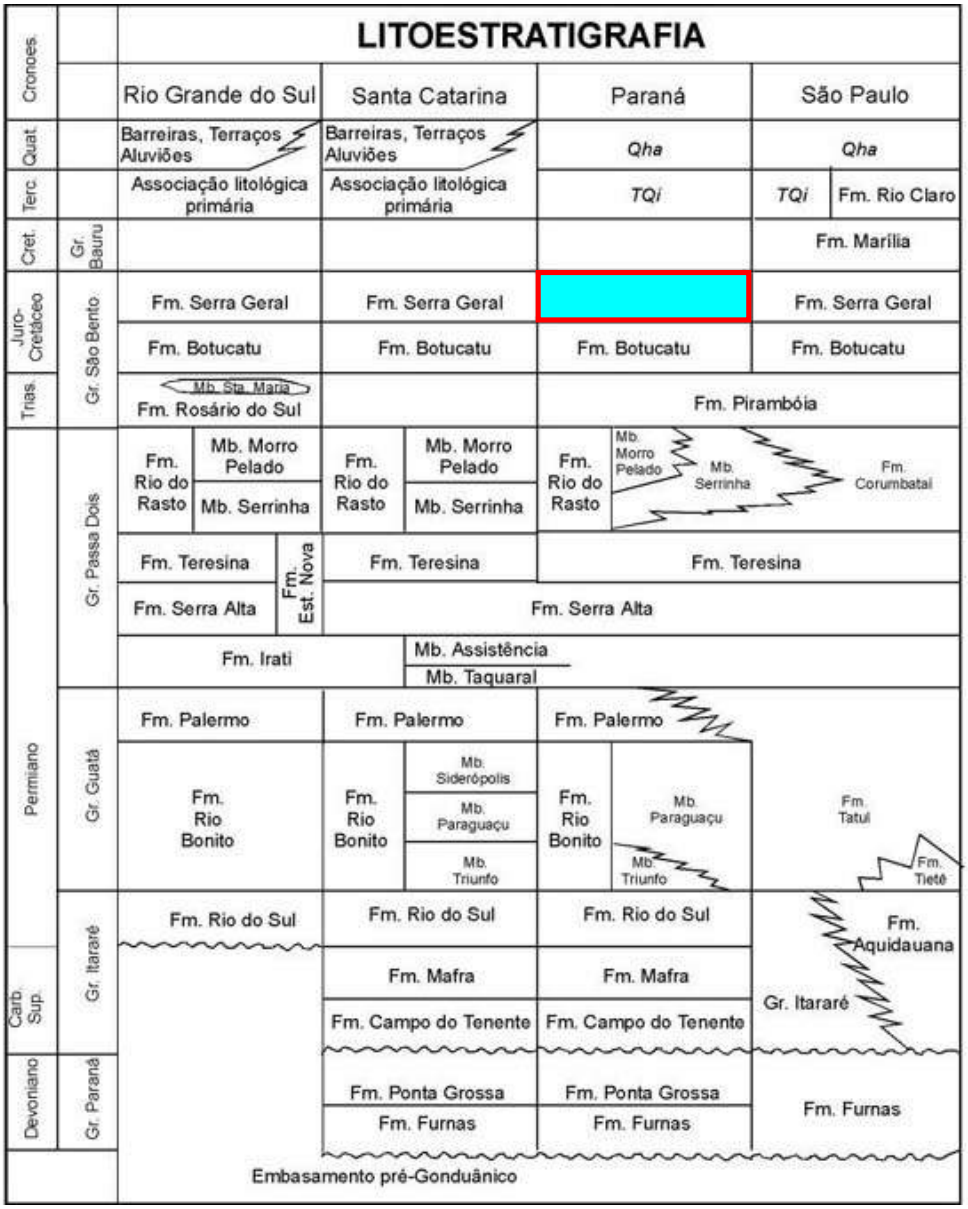
Tabela 5.2.1.6: Ocorrência da unidade litoestratigráfica reconhecida na bacia hidrográfica do rio Iratim.

Unidade Litoestratigráfica	Área km^2	%
Formação Serra Geral	1815,11	100

Fonte: IGPLAN (2009).

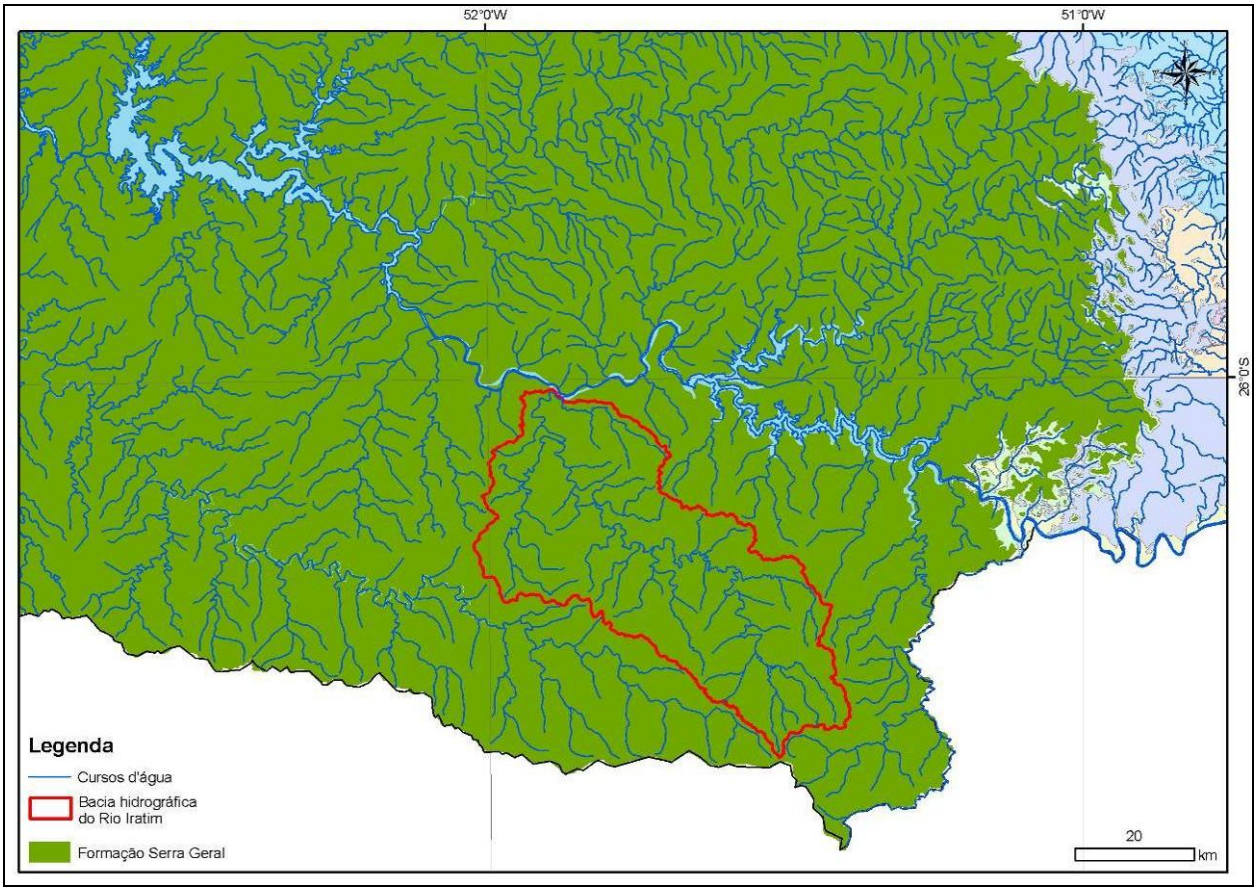
De acordo com a Tabela 5.2.1.6, observa-se que as áreas associadas aos derrames de basalto da Formação Serra Geral recobrem 100% da área da bacia hidrográfica. Na Figura 5.2.1.19 também é possível observar a localização da bacia hidrográfica e sua inserção em áreas dos derrames basálticos associados à Formação Serra Geral.

Figura 5.2.1.17: Coluna litoestratigráfica Bacia do Paraná, segundo Schneider et al. (1974), adaptada por Aboarrage & Lopes (1986), com destaque para as ocorrências na área de estudo.



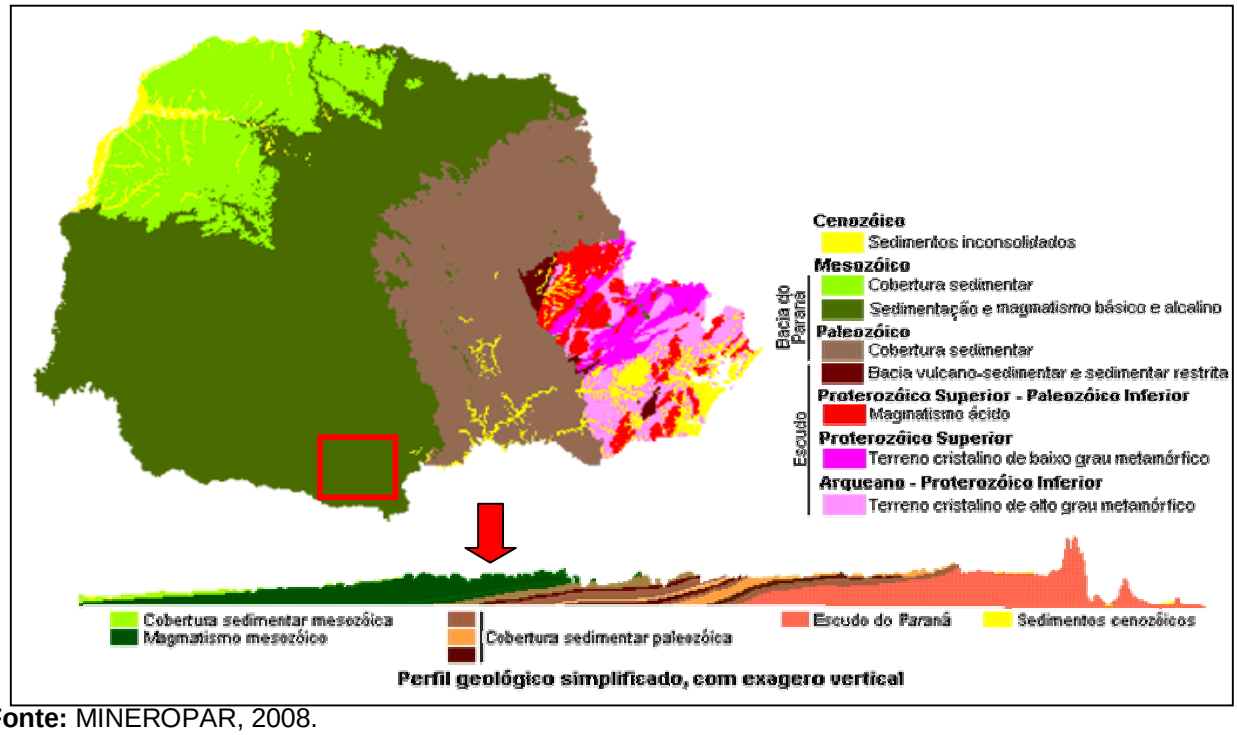
Fonte: CPRM, 2008.

Figura 5.2.1.18: Mapa geológico da bacia do rio Iratim. Escala 1:250.000.



Fonte: MINEROPAR, 2008. Organizado por IGPlan, 2009.

Figura 5.2.1.19: Mapa e perfil geológico simplificado do Estado do Paraná e localização da área de estudo.



Fonte: MINEROPAR, 2008.

Formação Serra Geral

O derrame de lavas proveniente do vulcanismo de fissura continental originou, ao atingir a superfície através de grandes fendas que se abriram na crosta, uma sucessão de derrames tabuliformes além dos diques e sills de diabásio que ocorreram em toda a região. Cada derrame pode ser estruturado em quatro zonas distintas que refletem diferentes estágios de resfriamento: amidalóide vesicular, tabular, colunar e vítreo.

Estas rochas ocorrem na forma de derrames tabuliformes, cujas espessuras podem variar de cerca de 5 m a mais de 50 m. A seqüência de derrames pode atingir em alguns locais mais de 1000 m de espessura, representando o empilhamento de várias dezenas de derrames individuais.

Cada derrame é formado de uma seqüência de litologias distintas. Nos derrames relativamente espessos, a seqüência é constituída por basaltos maciços nos dois terços inferiores e por basalto vesículo-amigdalóide e brechas basálticas no terço superior. Nos derrames mais delgados, esta seqüência pode diferir, sem a ocorrência de algumas litologias.

As rochas predominantes são as efusivas básicas de caráter toleítico, genericamente denominadas como baselevados, embora ocorram subordinadamente termos ácidos e intermediários. Tanto nas áreas de rochas efusivas ácidas como básicas ocorrem eventualmente brechas vulcânicas formadas por uma massa heterogênea de fragmentos quebrados de derrames anteriores, que foram cimentados pelo material da erupção subseqüente.

Na bacia hidrográfica do rio Iratim os derrames basálticos compreendem a área total da bacia hidrográfica, sendo que a ocorrência das rochas basálticas possui uma amplitude topográfica de 794 m no interior da bacia, com altitudes variando de 573 m a 1367 m.

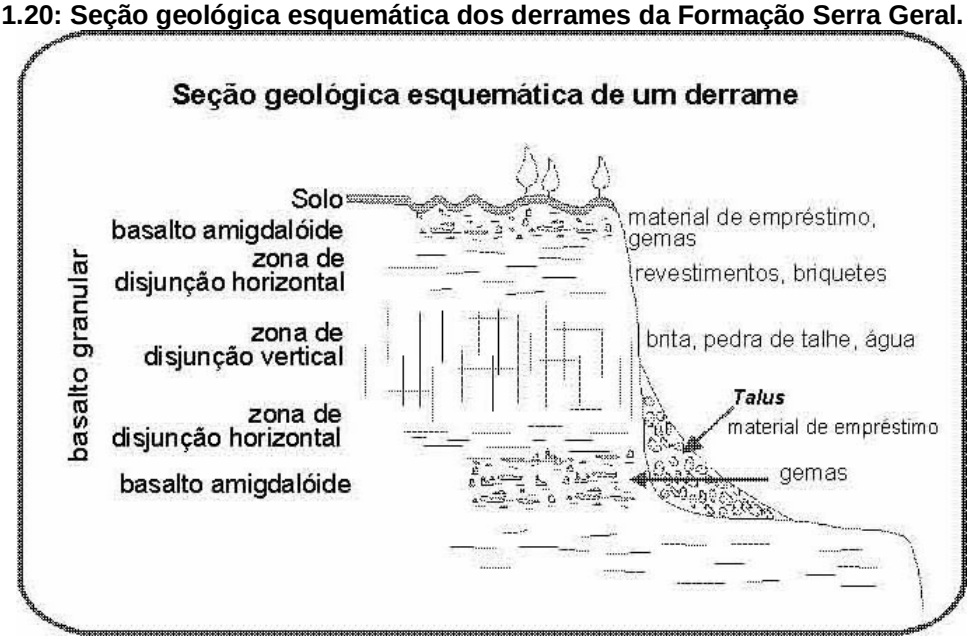
A geologia dos derrames vulcânicos que constituem a Formação Serra Geral na região Centro Sul do Estado do Paraná é caracterizada pela presença de duas unidades litoestratigráficas distintas. As unidades individualizadas correspondem às rochas efusivas básicas e ácidas que, além das diferenças petrográficas e químicas, são caracterizadas por suas características macroscópicas, estruturais, morfológicas e de intemperismo. Ocorrem ainda termos intermediários, normalmente em percentuais superiores ao das rochas efusivas ácidas.

As rochas efusivas básicas caracterizam-se por propiciar a formação de morfologia com vales abruptos, drenagens encaixadas e encostas com elevado grau de inclinação formando, via de regra, patamares ou degraus que correspondem a derrames distintos.

Na bacia hidrográfica do rio Iratim ocorrem basaltos de características amigdalóides e tabulares, sendo que em alguns pontos as rochas encontram-se bastante intemperizadas com a formação de um manto de intemperismo espesso nas áreas do terço superior das vertentes.

Observa-se na área a ocorrência de zonas de basaltos com diferentes tipos de disjunção, sendo estas do tipo vertical e horizontal (Figura 5.2.1.20).

Figura 5.2.1.20: Seção geológica esquemática dos derrames da Formação Serra Geral.



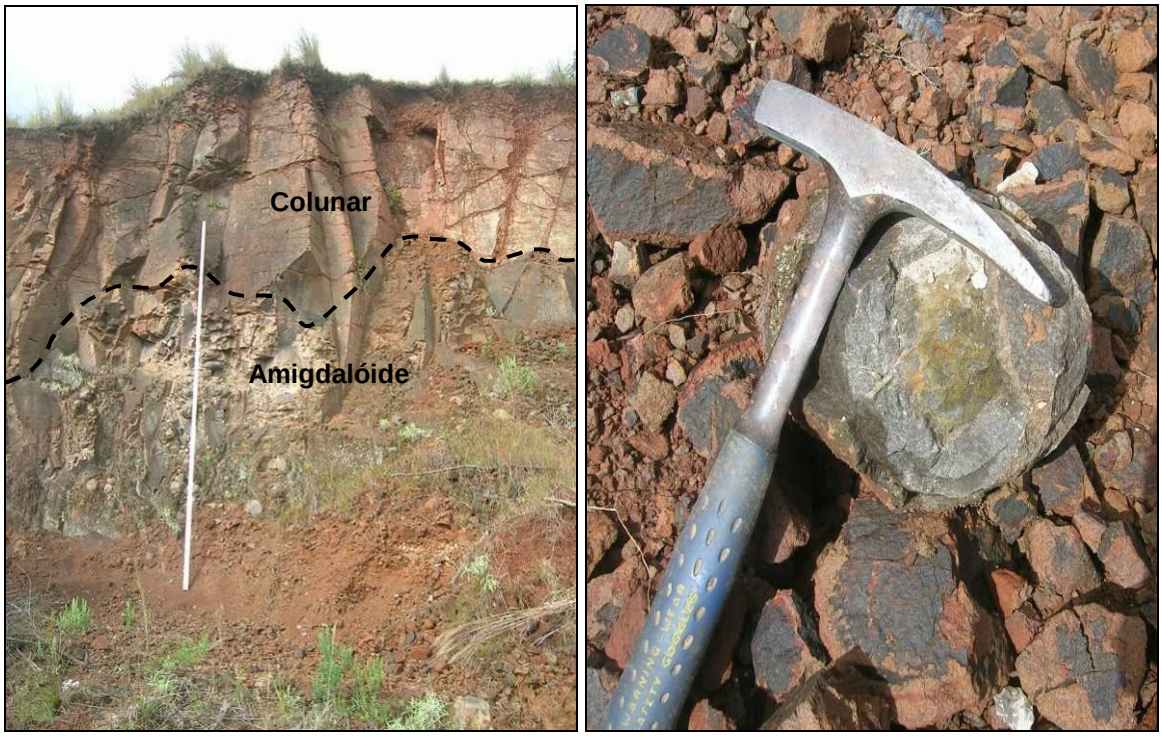
Fonte: CPRM, 2004.

Os basaltos vesiculares e amigdalóides possuem maior ocorrência no topo dos derrames e possuem coloração avermelhada ou acinzentada, repleta de orifícios formados pelo escape dos gases durante o resfriamento das lavas. Esses orifícios podem variar no diâmetro, de milímetros a decímetros, e às vezes apresentam preenchimentos parciais ou totais de ágata, quartzo, zeólitas, calcita e argilominerais esverdeados.

Os basaltos amigdalóides normalmente ocorrem bastante intemperizados na área da bacia, possuem coloração cinza-claro e apresentam com freqüência decomposição esferoidal (Figuras 5.2.1.21 e 5.2.1.22). Por vezes, é possível identificar estruturas de fluxo incipientes no interior destas camadas, assim como zonas vesiculares bem desenvolvidas.

Em algumas situações ocorrem brechas basálticas de coloração avermelhada e acinzentada que, em geral, assinalam o topo dos derrames. As brechas são constituídas de fragmentos de basalto vesículo-amigdalóide, com preenchimento por cimento e materiais variados, como areia e silte de origem detrítica superficial, minerais hidrotermais como calcita, argilominerais esverdeados ou pretos, ou até mesmo pela própria lava.

Figura 5.2.1.21: Detalhe de basaltos de característica amigdalóide com decomposição esferoidal associados a basaltos de característica colunar, ponto 13.



Fonte: IGPLAN, 2009.

De modo geral, os basaltos associados às zonas de disjunção horizontal possuem maior ocorrência na área da bacia hidrográfica, normalmente com associação aos basaltos amigdalóides, bastante intemperizados (Figuras 5.2.1.22 e 5.2.1.23).

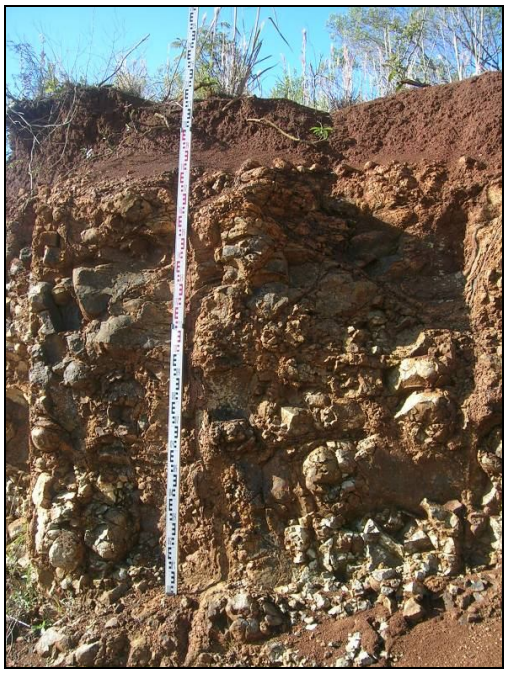
No entanto, também ocorrem afloramentos apresentando rochas bastante preservadas, normalmente de basaltos maciços com disjunção vertical ou colunar, característico de resfriamento lento do basalto, sem manto de intemperismo, normalmente associadas a solos bastante rasos.

O ponto 37 apresenta uma queda d'água de tamanho expressivo, onde é possível identificar o contato entre derrames basálticos de características distintas. O basalto situado no topo apresenta textura mais fina, coloração mais escura e estrutura de disjunção vertical ou colunar. O basalto situado na camada sotoposta possui textura mais grosseira e coloração cinza-médio,

sendo possível identificar estruturas incipientes de fluxo no interior desta camada, assim como zonas vesiculares (Figura 5.2.1.24).

No ponto 13 é possível observar o contato entre os basaltos de disjunção horizontal e vertical ou colunar. Os basaltos com disjunção horizontal ocorrem bastante intemperizados, em planos horizontais, com laminação de espessura de até 10 cm. Os basaltos situados em zona de disjunção vertical possuem característica colunar incipiente ou mais desenvolvida e normalmente ocorrem em forma de blocos de ângulos retos. Junto a essa camada podem ocorrer zonas individualizadas de decomposição esferoidal, cujas rochas apresentam características vesiculares ou amigdalóides, fato que confere bastante heterogeneidade ao conjunto (Figura 5.2.1.25).

Figura 5.2.1.22: Detalhe de basaltos de característica amigdalóide bastante intemperizados, com decomposição esferoidal, ponto 31.



Fonte: IGPLAN, 2009.

Figura 5.2.1.23: Detalhe dos basaltos amigdalóides em corte de estrada, ponto 3.

Fonte: IGPLAN, 2009.

Figura 5.2.1.24: Ocorrência de tipos distintos de basaltos formando patamares em cachoeira. Na parte superior, basaltos de característica colunar; na parte inferior basaltos amigdalóides na base. Ponto 37.

Fonte: IGPLAN, 2009.

Figura 5.2.1.25: Basaltos de zona de disjunção horizontal bastante intemperizados sobrepostos a basaltos com característica amigdalóide, ponto 13.

Fonte: IGPLAN, 2009.

Em síntese, a base geológica da bacia do rio Iratim é composta essencialmente por basaltos, com alguma diferenciação em sua composição, o que confere à área característica de mínima diversidade geológica. Trata-se de área geologicamente estável, salvo a existência de

depósitos coluvionares em trechos dos sopés das elevações, assim como de zonas heterogêneas de disjunção horizontal e vertical cujas fragilidades naturais devem ser consideradas por ocasião da concretização dos empreendimentos planejados.

5.2.1.5. Contexto Geomorfológico

Geomorfologia do Estado do Paraná

O Estado Paraná pode ser compartimentado, segundo a MINEROPAR (2006), em três unidades morfoestruturais distintas (Figura 5.2.1.26):

- Cinturão Orogênico do Atlântico;
- Bacia Sedimentar do Paraná;
- Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas.

Cinturão Orogênico do Atlântico

O sistema de montanhas representado pelo Planalto Atlântico constitui uma das principais feições orográficas da borda leste do continente sul-americano (Figura 5.2.1.26). Caracteriza-se por um conjunto de serras com cerca de 1.000 km de extensão, desde o Rio de Janeiro até o norte de Santa Catarina. No Paraná, é constituído por duas unidades morfoesculturais: Primeiro Planalto Paranaense; Serra do Mar e Morros.

O Primeiro Planalto Paranaense configura-se como uma unidade de relevo de altitudes de até 1.200 m, sustentado por rochas metamórficas. Esta unidade estende-se desde a região de Jaguariaiva, Tibagi e Purunã, nos sopés da escarpa da Serra do Purunã, constituída de estratos horizontais devonianos, até a vertente leste da Serra do Mar.

A Serra do Mar configura-se como uma cadeia de montanhas marginal do Primeiro Planalto Paranaense, que o separa da Planície Litorânea. Apresenta cumes elevados, com até 1.800 m, é sustentada por litologias diversas, quase sempre metamórficas de alto grau como migmatitos, gnaisses e xistos e mais raramente quartzitos, sendo freqüentemente associados com rochas intrusivas relacionadas a ciclos metamórficos mais jovens.

Bacia Sedimentar do Paraná

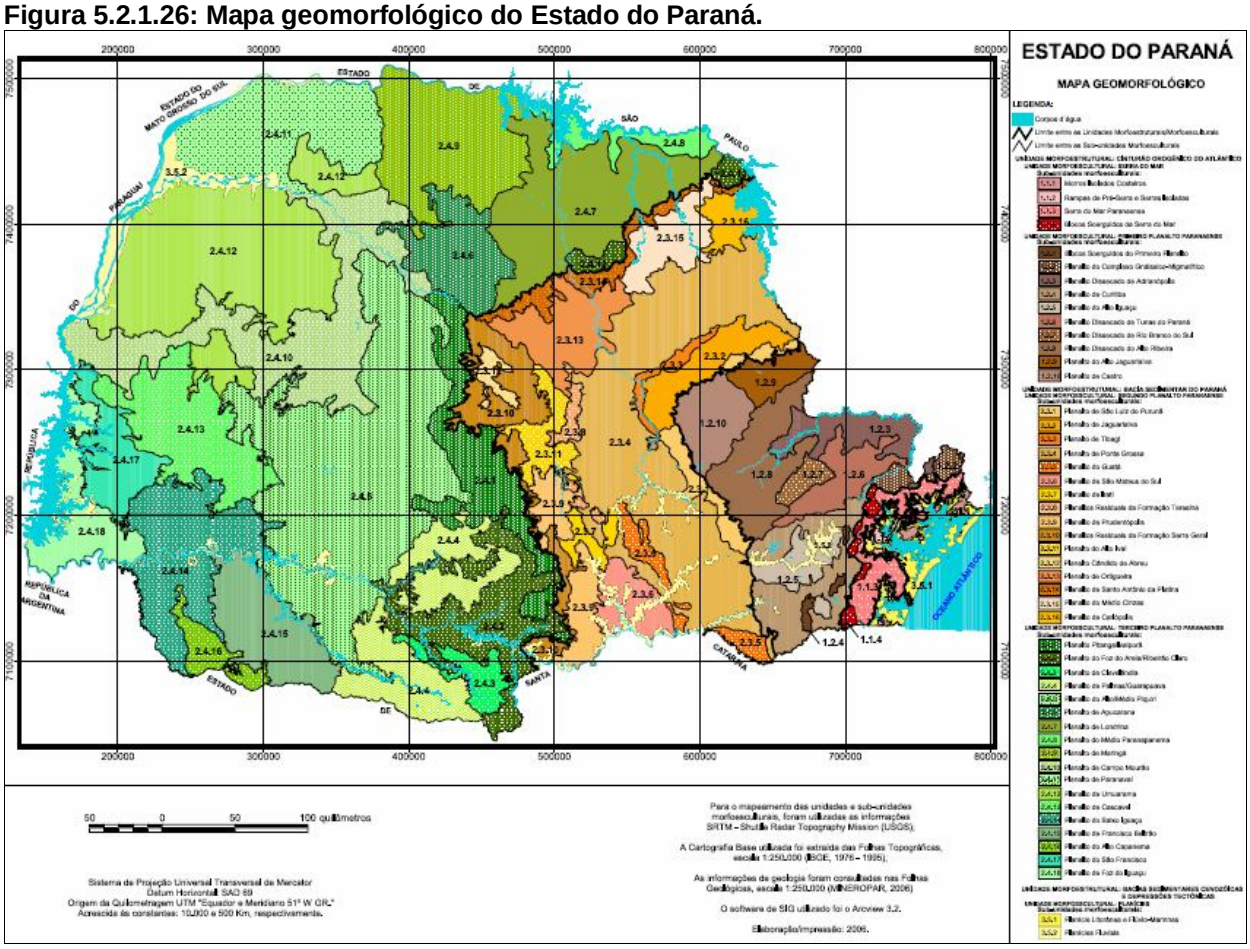
A Bacia Sedimentar do Paraná abrange uma área de cerca de 1.600.000 km^2. Encontra-se encravada na Plataforma Sul-Americana e estende-se pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina.

O embasamento da Bacia do Paraná é constituído principalmente de rochas cristalinas pré-cambrianas e, subordinadamente, por rochas eo-paleozóicas afossilíferas. A Bacia do Paraná encontra-se preenchida por depósitos marinhos e continentais com idades desde o Siluriano Superior (Formação Furnas) até o Cretáceo (Grupo Bauru).

A zona de capeamento arenito-basáltico corresponde ao grande derrame mesozóico de rochas eruptivas básicas que, no território paranaense, apresenta-se como o Terceiro Planalto Paranaense, ou Planalto arenito-basáltico, e abrange cerca de 2/3 do território do estado

(Figura 5.2.1.26). Esta unidade desenvolve-se como um conjunto de relevos planálticos, com inclinação geral para oeste-noroeste e subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná, atingindo altitudes médias máximas de 1.100 m a 1.250 m na Serra da Esperança, declinando para altitudes entre 220 e 300 metros na calha do rio Paraná. Segundo Maack (1968), este planalto pode ser subdividido em:

Figura 5.2.1.26: Mapa geomorfológico do Estado do Paraná.



Fonte: MINEROPAR (2006).

- Planalto de Cambará e São Jerônimo da Serra, localizado na parte nordeste do Estado, tendo seus limites nos rios Tibagi, Paranapanema e Itararé;
- Planalto de Apucarana, que se estende entre os rios Tibagi, Paranapanema, Ivaí e Paraná;
- Planalto de Campo Mourão, compreendido entre os rios Ivaí, Piquirí e Paraná;
- Planalto de Guarapuava, que ocupa terras entre os rios Piquiri, Iguaçu e Paraná;
- Planalto de Palmas, que se estende entre o divisor norte da bacia do rio Uruguai e sul da bacia do Iguaçu até o vale deste rio. Este divisor de águas serve nesta região como limite natural entre os Estados do Paraná e Santa Catarina.

A área da bacia do rio Iratim situa-se no contexto do Planalto de Guarapuava.

Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas

As morfoestruturas aqui denominadas por Bacias Sedimentares Cenozóicas são subdivididas em três unidades morfoesculturais distintas:

- Planalto de Curitiba;
- Planície Litorânea;
- Planícies Fluviais.

No caso da morfoescultura do Planalto de Curitiba, o principal fator associado à sedimentação é, sem dúvida, a tectônica recente. Esta unidade apresenta formas de grabens e semigrabens, com preenchimento continental (fluvial e lacustre), e idade que varia desde Mioceno ao Holoceno. A estruturação da bacia associa-se a reflexos tardios dos eventos tectônicos que culminaram com a abertura do Atlântico Sul e subseqüente deslocamento da placa Sul-Americana (Figura 5.2.1.26).

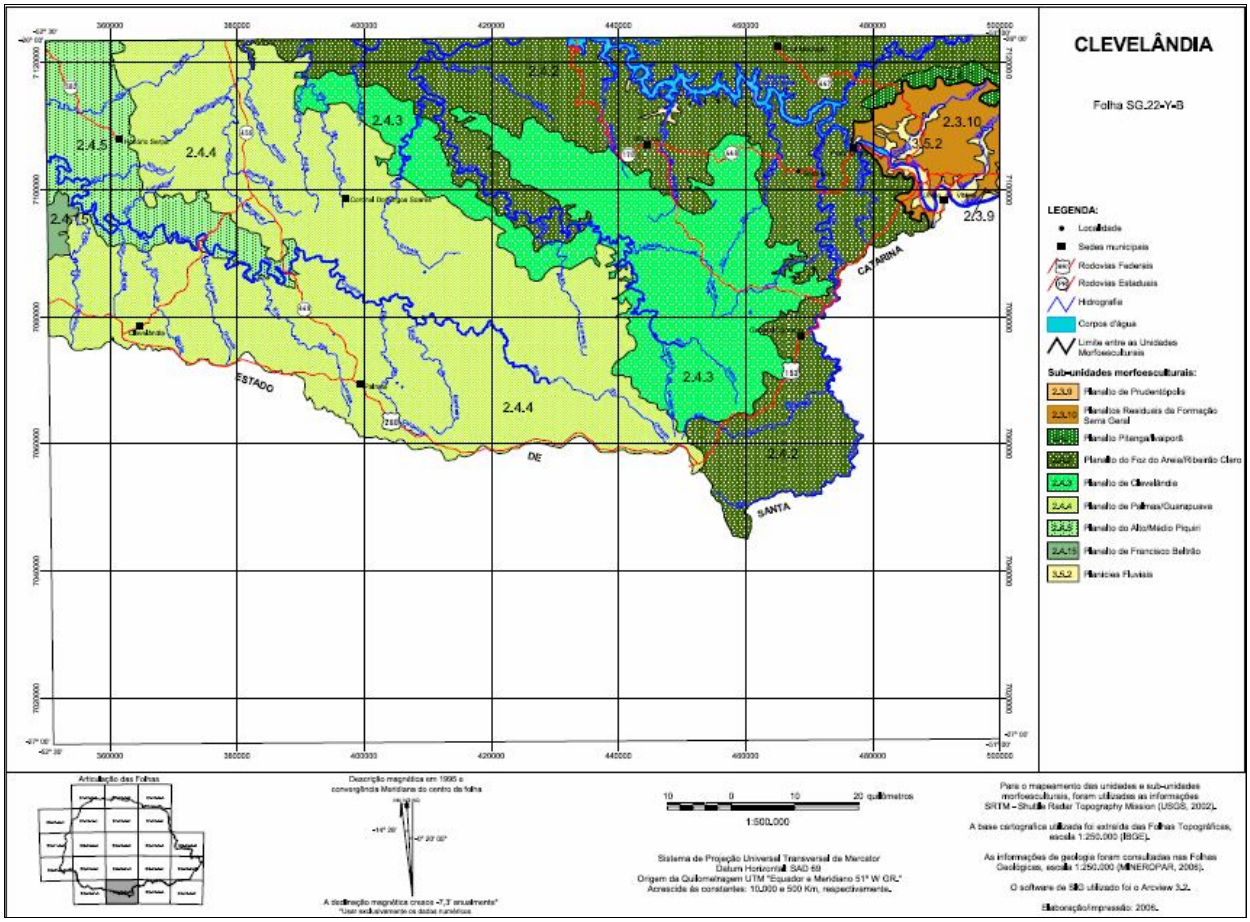
Quanto à morfoescultura denominada Planície Litorânea, o principal fator associado à sedimentação diz respeito às variações glácio-eustáticas quaternárias. Os depósitos são representados pela Formação Alexandra, com idade associada ao Mioceno Inferior. No entanto, a ocorrência de áreas descontínuas, preenchidas por sedimentos continentais e costeiros cenozóicos, é uma feição marcante na zona costeira do Estado do Paraná. Os fatores associados à gênese de tais acumulações são na verdade mais abrangentes, já que afetaram toda a região sudeste e parte da região sul do país.

As planícies fluviais ocorrem associadas aos principais rios do Estado e são geradas por deposição de origem fluvial. As planícies fluviais ocorrem em praticamente todas as unidades morfoesculturais do Cinturão Orogênico do Atlântico e da Bacia Sedimentar do Paraná.

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA

O mapeamento geomorfológico na escala 1:250.000, referente à folha Clevelândia, produzido pela MINEROPAR (2006), indica a ocorrência, nesta região ao centro-sul do Estado do Paraná, das seguintes unidades geomorfológicas (Figura 5.2.1.27):

Figura 5.2.1.27: Mapa geomorfológico da folha Clevelândia na escala 1:250.000. Em destaque a área de estudo.



Fonte: MINEROPAR (2006).

- Unidades morfoestruturais: Bacia Sedimentar do Paraná e Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas;
- Unidades morfoesculturais: Segundo Planalto Paranaense, Terceiro Planalto Paranaense e Planícies.

De acordo com o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2006), a bacia hidrográfica do rio Iratim situa-se majoritariamente em três sub-unidades, no Planalto de Clevelândia, Planalto de Palmas/Guarapuava e nos Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro (Figura 5.2.1.27).

A sub-unidade morfoescultural número 2.4.2, denominada Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação alta e ocupa uma área de 33,69 km^2 da folha Clevelândia. As classes de declividade predominantes são as classes de declividade menores que 6% e secundariamente as áreas de declividade entre 12-30%. As formas de relevo predominantes são caracterizadas por topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus, modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

As áreas situadas na sub-unidade morfoescultural Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro situam-se predominantemente nas áreas a jusante da bacia hidrográfica e apresentam as maiores amplitudes altimétricas e clinográficas da área da bacia hidrográfica.
A subunidade morfoescultural denominada Planalto de Clevelândia (com a numeração 2.4.3), situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta elevada dissecação e ocupa uma área de 450,87 km², que corresponde a 8,89% da folha Clevelândia. Segundo mapeamento de MINEROPAR (2006,) ocorre a predominância da classe de declividades inferiores a 6%, em uma área de 604,76 km², e de 12-30%, em uma área de 1.465,63 km². Com relação ao relevo, de acordo com MINEROPAR (2006) a subunidade apresenta um gradiente de 600 metros, com altitudes que variam entre 720 m (mínima) e 1.320 m (máxima). As formas predominantes são topos aplainados, vertentes convexas e convexo-côncavas e vales em "V", modelados em rochas da Formação Serra Geral. A subunidade morfoescultural denominada Planalto de Clevelândia está inserida nas áreas a montante da bacia hidrográfica e em seu médio curso (Figura 5.2.1.28).

Figura 5.2.1.28: Morfologia típica das áreas do Planalto de Clevelândia, nas áreas basálticas e cabeceiras de drenagem do rio Iratim, ponto 31.

Fonte: IGPLAN, 2009.

A sub-unidade morfoescultural número 2.4.4, denominada Planalto de Palmas/Guarapuava, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação baixa e ocupa uma área de 3.373,71 km², que corresponde a 20,45% dessa folha. A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de 2.008,26 km². Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 660 metros, com altitudes variando entre 700 m (mínima) e 1.360 m (máxima). As formas predominantes são topos aplainados, vertentes retilíneas e convexas e vales em "U", modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

Nessas áreas ocorre a interceptação de sucessivos derrames de basalto pelos cursos d'água, o que ocasiona uma sucessão de quedas d'água ou cachoeira neste trecho da bacia hidrográfica (Figura 5.2.1.29).

Figura 5.2.1.29: Interceptação de derrames basálticos pelos cursos d'água, com a formação de cachoeiras nas áreas do Planalto de Palmas / Guarapuava, ponto 37.

Fonte: IGPLAN, 2009.

As áreas associadas ao Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro, situadas no Terceiro Planalto Paranaense, correspondem aos trechos de menor altitude da bacia hidrográfica do rio Iratim, na porção mais a jusante da bacia. Nessas áreas o relevo apresenta-se bastante ondulado, com a formação de vales em V e com a maior amplitude altimétrica. Além disso apresenta-se bastante dissecado, contando com um maior número de cursos d'água.

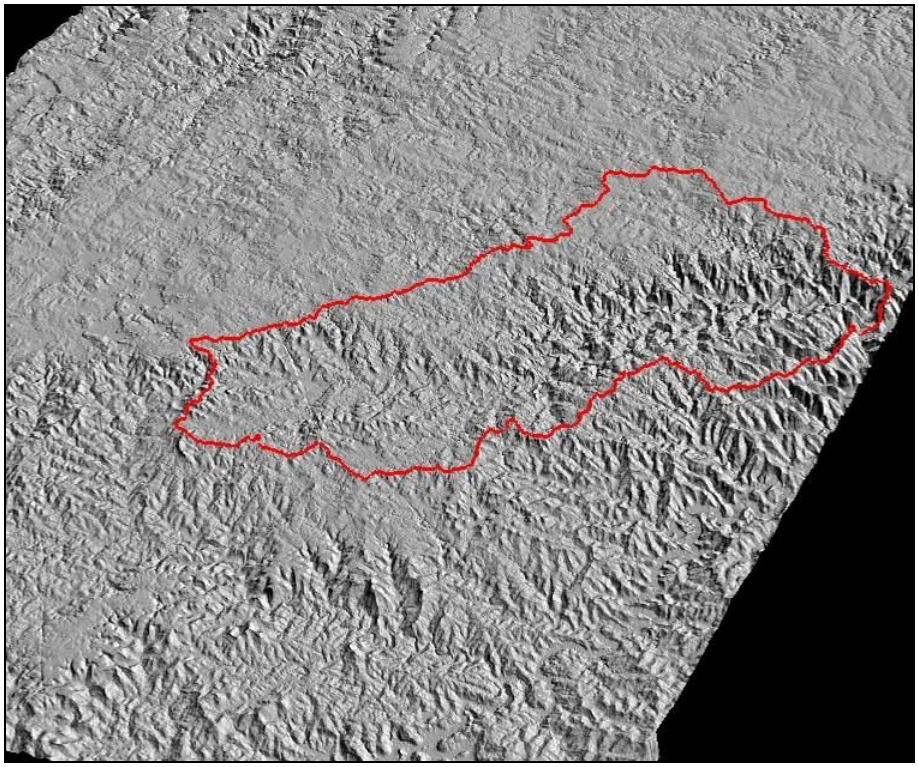
Entretanto, apesar da homogeneidade litológica da bacia hidrográfica, é possível identificar três compartimentos morfoesculturais em situações altimétricas e clinográficas distintas, o que permite a diferenciação morfológica e morfométrica da área de estudo.

O contexto geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Iratim e entorno é caracterizado principalmente por processos denudacionais ou de dissecação, em que predominam os processos erosivos na evolução natural do relevo.

Observam-se áreas de intensa dissecação desenvolvidas na forma de patamares, que por vezes formam degraus e vales estruturais, o que indica uma adaptação da rede de drenagem à estrutura monoclinal das rochas basálticas. Os patamares formam áreas extensas onde se fazem presentes relevos residuais de topo plano (mesas), limitados por vertentes escarpadas, que compõem as áreas de maiores declividades dessa região, esculpidas pela rede hidrográfica regional (Figuras 5.2.1.30 e 5.2.1.31).

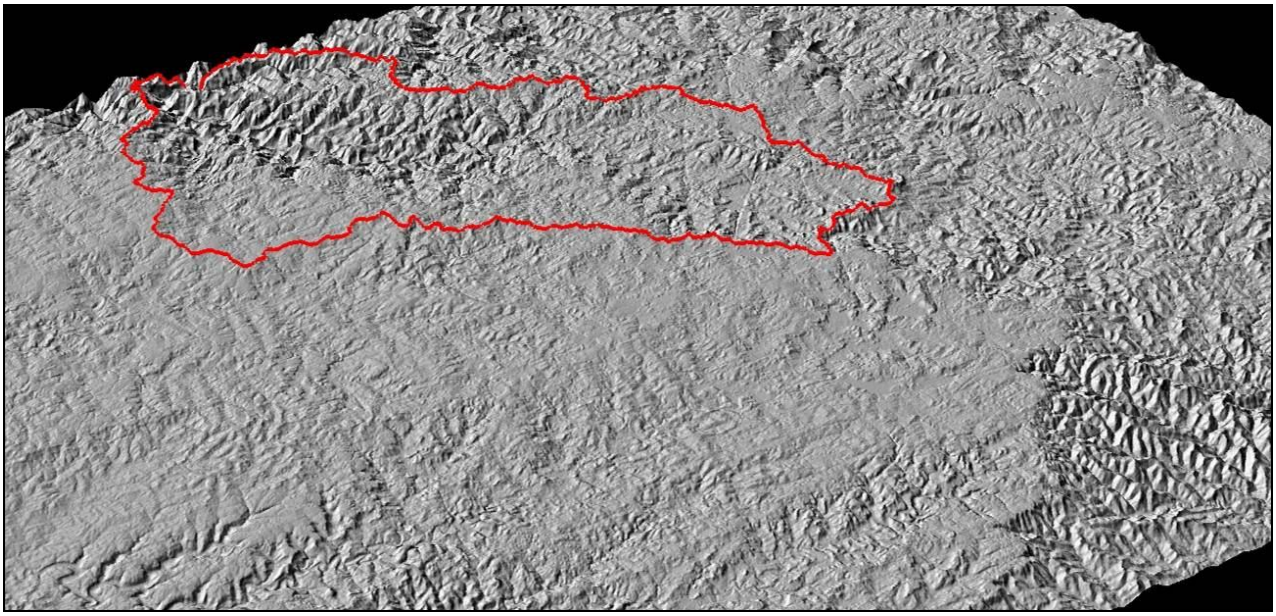
É possível observar na bacia hidrográfica a baixa amplitude clinográfica e hipsométrica, caracterizada principalmente pelos aspectos litológicos, dada a sua homogeneidade.

Figura 5.2.1.30: Modelo Digital do Terreno da bacia hidrográfica do rio Iratim, visada L-O.



Fonte: IGPLAN, 2009.

Figura 5.2.1.31: Modelo Digital do Terreno da bacia hidrográfica do rio Iratim, visada SO-NE.

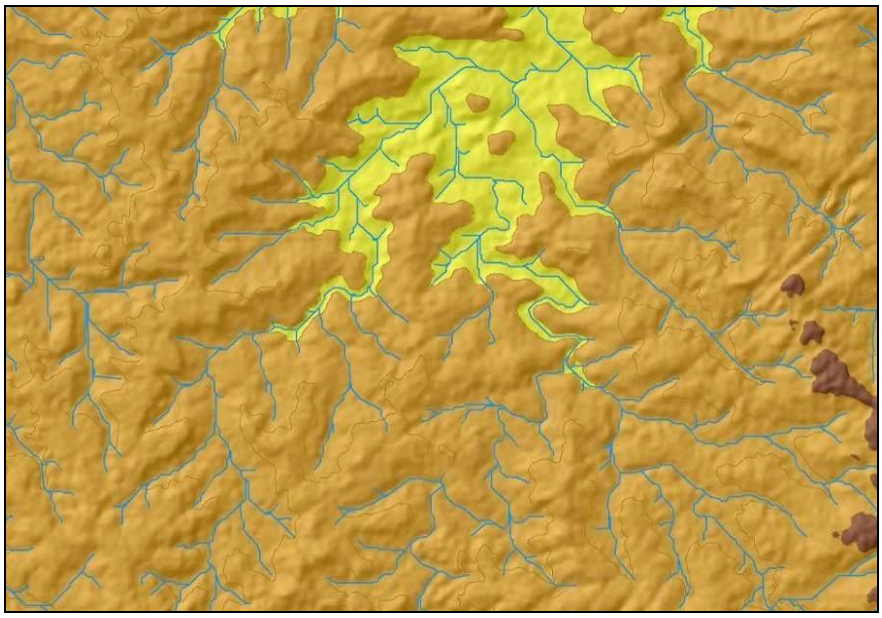


Fonte: IGPLAN, 2009.

Quanto ao tipo de drenagem, os rios são prioritariamente tortuosos, característica de um padrão de drenagem dendrítico nas áreas de ocorrência de basaltos da Formação Serra Geral.

Este padrão de drenagem é normalmente desenvolvido sobre áreas de rochas de resistência uniforme, sendo que a formação de ângulos retos entre os afluentes está associada à anomalias associadas ao tectonismo (Figura 5.2.1.32).

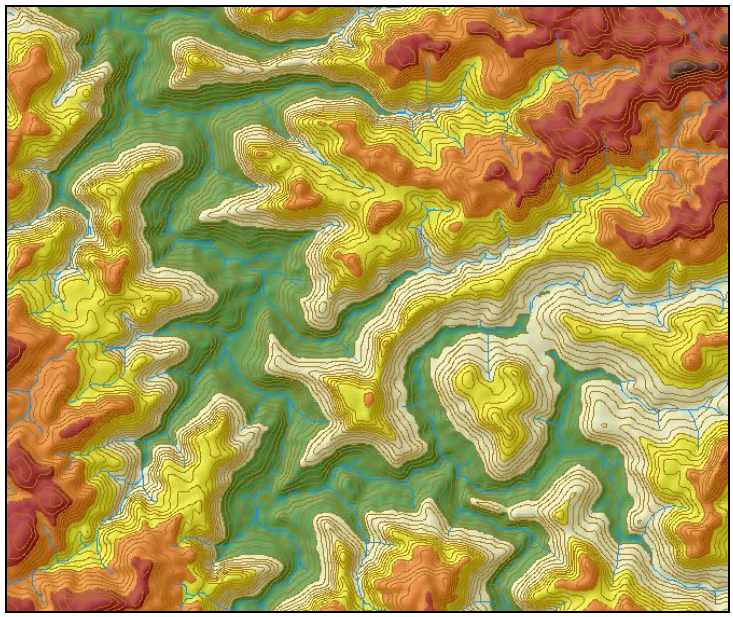
Figura 5.2.1.32: Detalhe do padrão de drenagem dentrítico associado às áreas planas da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009.

O padrão de drenagem paralelo ocorre nas áreas de maior declividade da área de estudo e está associado ao trecho a jusante da bacia hidrográfica. A ocorrência deste tipo de drenagem vincula-se às áreas de alta declividade ou controle estruturais que propiciam a ocorrência de espaçamento regular entre os cursos d'água (Figura 5.2.1.33). Nessas áreas, eventualmente, ainda podem ocorrer o padrão de drenagem radial, associado às áreas de maior amplitude altimétrica da bacia hidrográfica. Essas áreas mais elevadas normalmente apresentam-se como uma cornija, onde o topo do morro constituído de basalto impede a erosão das rochas subjacentes, formando relevos de morros isolados normalmente de forma dômica (Figura 5.2.1.34).

Figura 5.2.1.33: Detalhe do padrão de drenagem paralelo e radial associado às áreas de cornija de basalto, na bacia hidrográfica do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009.

Figura 5.2.1.34: Aspecto escalonado dos platôs formados pelos derrames de basalto, ponto 06.

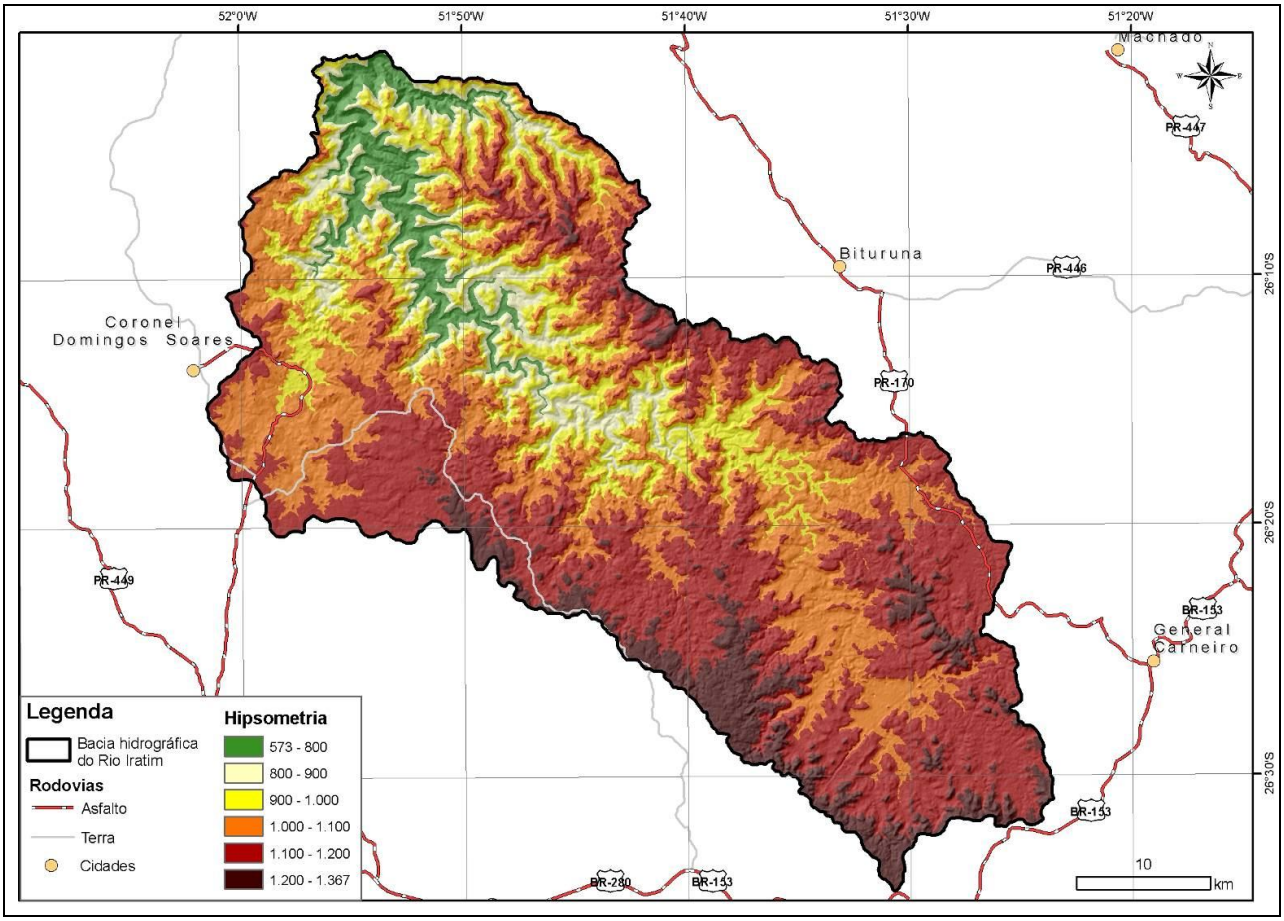
Fonte: IGPLAN, 2009.

5.2.1.6. Aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Iratim

O mapa hipsométrico gerado através do Modelo Digital de Superfície dos dados SRTM (INPE, 2009) revela que a bacia hidrográfica do rio Iratim apresenta altimetria mínima de 573 m e máxima de 1.367 m, com valor médio de 1.066 m e amplitude altimétrica de 794 m no interior do polígono que constitui a área bacia hidrográfica. Predominam na bacia as áreas em cotas

de 1.000 a 1.200m, com ocorrência das cotas superiores a 1.000 m concentradas no setor centro-sul. As cotas inferiores a 800 m concentram-se no setor a norte e representam as áreas de maior influência fluvial a jusante (Figura 5.2.1.35).

Figura 5.2.1.35: Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009

O mapa clinográfico da bacia hidrográfica do rio Iratim indica valores mínimos de declividades de 1° e máximos de 45°, sendo o valor médio de aproximadamente 9° (Tabela 5.2.1.7 e Figura 5.2.1.36).

A classe de declividade de 0° a 5° ocorre em 29,1% dos terrenos da bacia e encontra-se com maior freqüência no topo das vertentes, associada às áreas planas dos topos de morros.

A classe de declividade de 5,1° a 10° ocorre em 31,6 % dos terrenos da bacia e encontra-se com maior freqüência no terço inferior e médio das vertentes, associada às áreas de acumulação de material detrítico originado nos segmentos superiores, com formação de rampas de colúvio.

A classe de declividade de 10,1° a 20° ocorre em 30,7 % dos terrenos da bacia e encontra-se com maior freqüência no terço médio e superior das vertentes, associada às áreas de produção de sedimentos e à formação de rampas de colúvio.

As áreas associadas à classe de declividades de 20,1° a 30° e acima de 30° possuem menor abrangência, com aproximadamente 8,7% da área da bacia e caracterizam-se pelos trechos de maior declividade da região. As altas declividades estão associadas a uma faixa de altitude média entre 900 m a 957 m.

Tabela 5.2.1.7: Classes de declividade na bacia do rio Iratim.

Declividade	Área (% da bacia)	Altitude Mínima	Altitude Máxima	Amplitude Altimétrica	Altitude Média	Desvio Padrão
0 – 5°	29,1	576	1345	778	1110	99
5,1° - 10°	31,6	573	1367	794	1089	111
10,1° - 20°	30,7	576	1361	785	1032	135
20,1° - 30°	7,9	584	1310	726	957	128
> 30°	0,8	627	1288	661	900	99

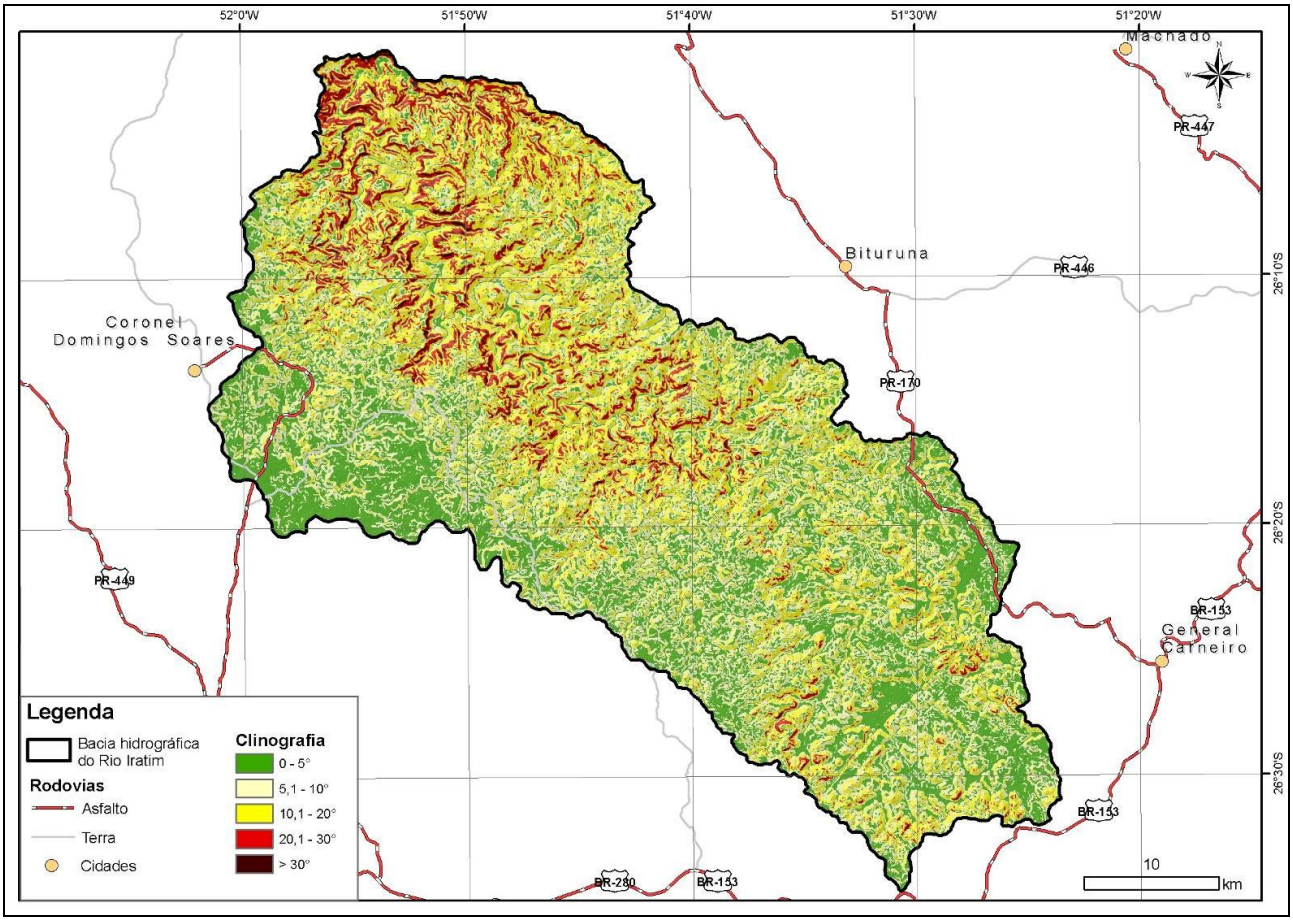
Fonte: IGPlan, 2009.

Tabela 5.2.1.8: Classes de declividade na bacia do rio Iratim.

Declividade	Área (% da bacia)	Altitude Mínima	Altitude Máxima	Amplitude Altimétrica	Altitude Média	Desvio Padrão
0 – 5°	29,1	576	1345	778	1110	99
5,1° - 10°	31,6	573	1367	794	1089	111
10,1° - 20°	30,7	576	1361	785	1032	135
20,1° - 30°	7,9	584	1310	726	957	128
> 30°	0,8	627	1288	661	900	99

Fonte: IGPlan, 2009.

Figura 5.2.1.36: Mapa clinográfico da bacia hidrográfica do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009.

Com relação à orientação de vertentes, ao longo do dia e no decorrer do ano as vertentes voltadas para norte estão expostas a uma maior incidência direta de radiação solar e, conseqüentemente, são áreas com menor umidade natural. Já as áreas orientadas para o sul recebem menor incidência de radiação solar e retêm ao longo do dia e do ano uma quantidade maior de umidade no solo e nos materiais intemperizados, o que pode influenciar a formação de micro-climas distintos entre esses dois grupos de vertentes.

As figuras 5.2.1.36, 5.2.1.37 e 5.2.1.38 indicam a representação da orientação de vertentes na bacia hidrográfica. As cores quentes (vermelho, laranja) indicam as vertentes voltadas para N, NE e NW e as cores frias (azul escuro e azul claro) as vertentes orientadas para S, SE, e SW. Por fim, a cor amarela indica as vertentes voltadas para W e E.

Cabe ressaltar que as áreas com menor altitude e situadas a jusante da bacia hidrográfica, possuem maior amplitude altimétrica entre o topo das elevações e a sua base. Essa situação morfológica implica em áreas substancialmente mais úmidas nas vertentes voltadas para sul, sudeste e sudoeste, quando comparadas às vertentes com mesma orientação associadas às áreas a montante (Figuras 5.2.1.37 e 5.2.1.38).

Nos levantamentos de campo realizados na bacia hidrográfica foi possível visualizar, ao longo de cortes nas estradas, que nas vertentes orientadas para sul a camada de intemperismo é substancialmente maior ou mais profunda que nas vertentes orientadas para norte. A ocorrência de pequenos cursos d'água ou córregos está também mais concentrada nas vertentes orientadas para sul. Nas vertentes orientadas para norte há uma maior ocorrência de afloramentos rochosos sem camada de intemperismo.

Entretanto, quanto à ocorrência da orientação de vertentes da bacia hidrográfica dor rio Iratim, observa-se certo equilíbrio em relação à exposição das vertentes à luz solar (Figura 5.2.1.39). As vertentes voltadas a norte, nordeste e noroeste compreendem 40,4% da área da bacia hidrográfica, as vertentes voltadas a sul, sudeste e sudoeste somam 34,1% da área. Já as áreas orientadas a leste e oeste compreendem 23,9% da área total.

Devido à forte relação com o tipo de substrato e com processos de formação do relevo, os estudos de compartimentação do relevo apontam a curvatura vertical como uma variável de alto poder de identificação de unidades homogêneas para mapeamentos diversos.

Quanto aos processos atuais, essa variável está relacionada aos processos de migração e acúmulo de material através da superfície (sobretudo água), proporcionados pela gravidade. Esse mecanismo atua indiretamente no equilíbrio entre os processos de pedogênese/morfogênese, além de influenciar a distribuição local do regime hídrico e, conseqüentemente, o regime térmico. Seja por sua atuação presente ou pretérita, a distribuição da curvatura vertical apresenta forte relação com a pedologia e a geologia.

Figura 5.2.1.37: Mapa de orientação de vertentes da bacia hidrográfica do rio Iratim.

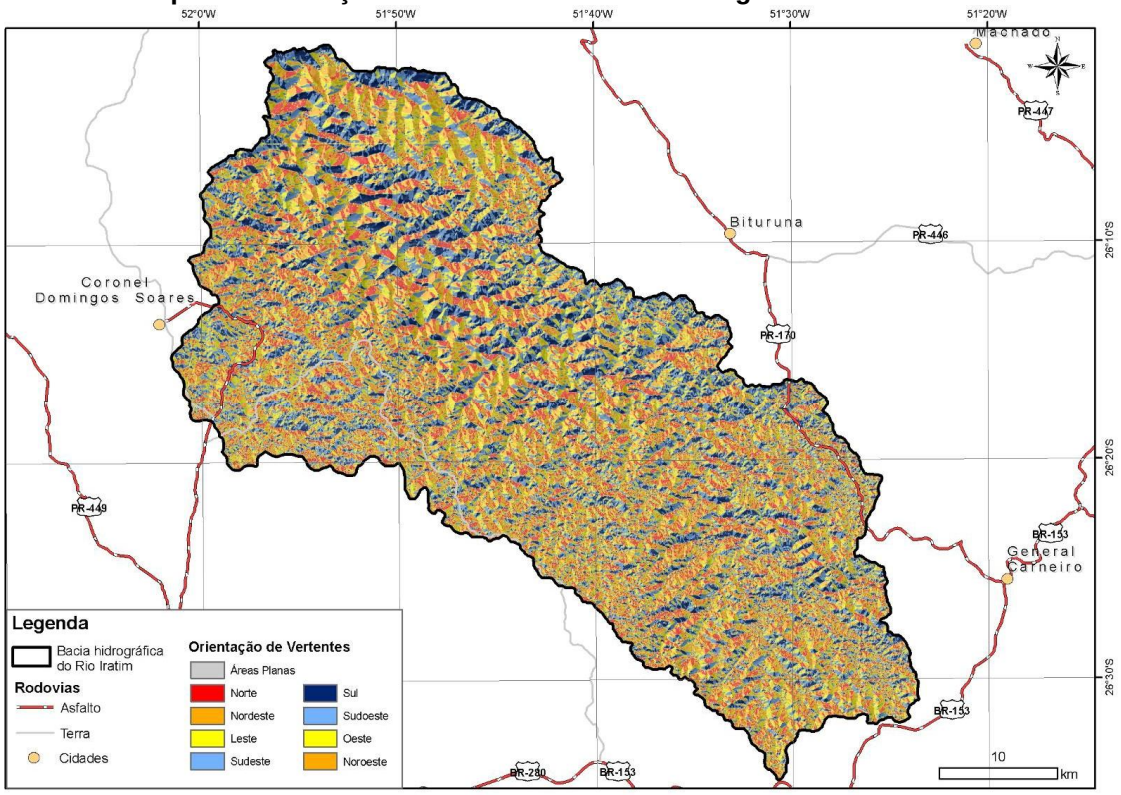
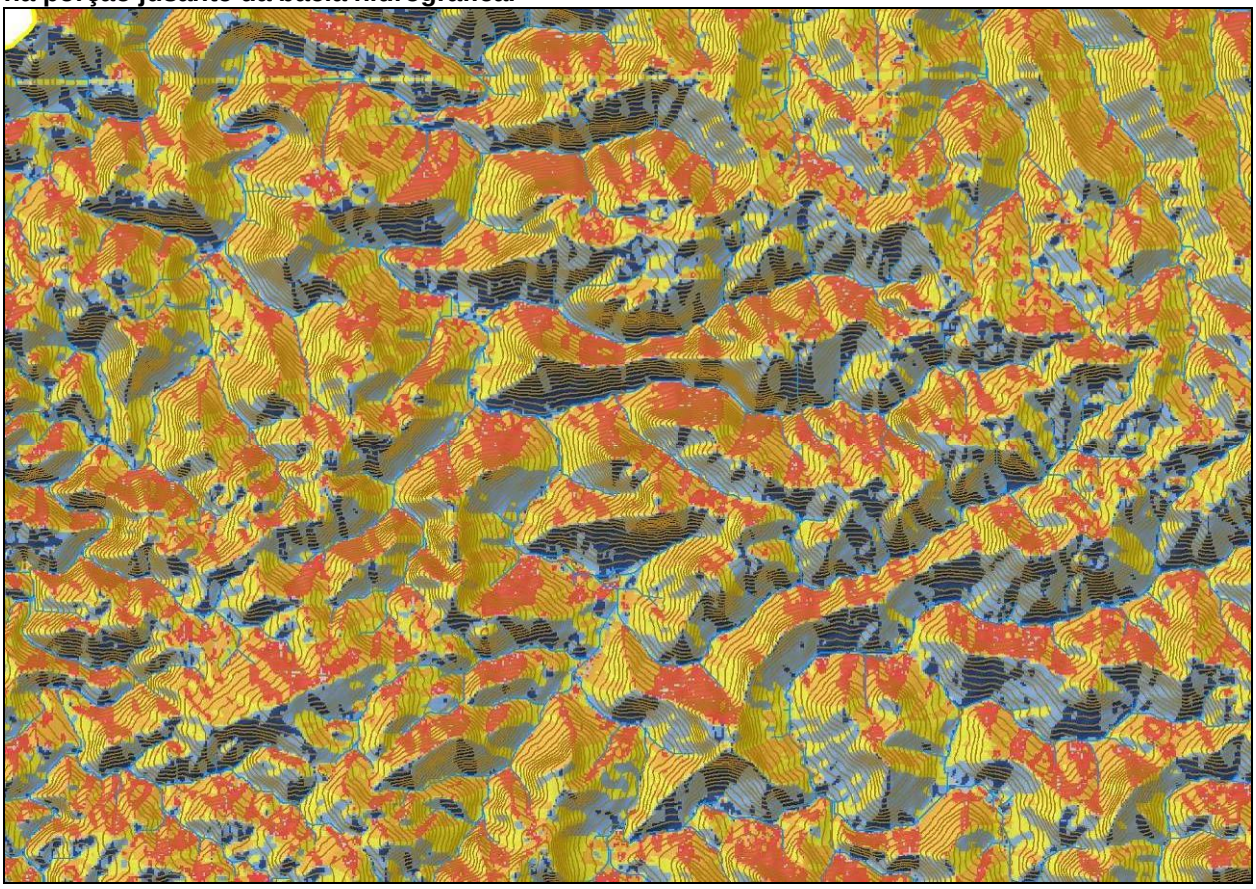
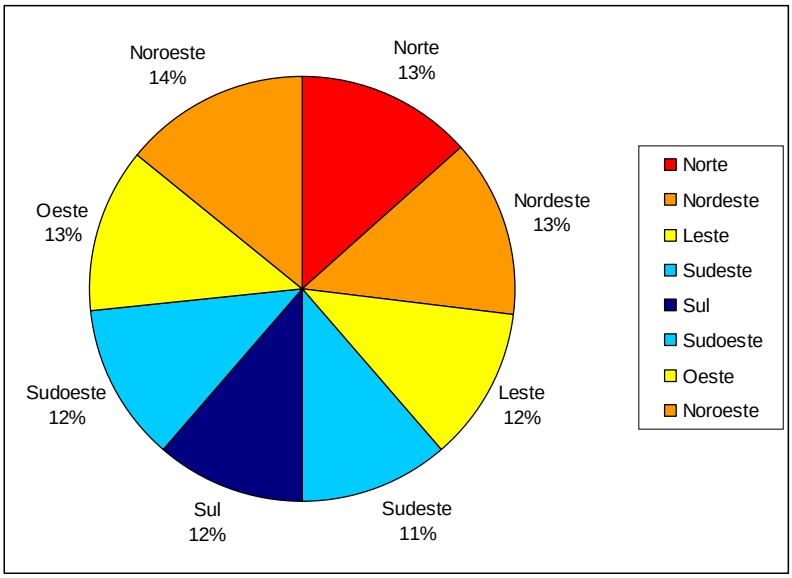


Figura 5.2.1.38: Detalhe da orientação de vertentes nas áreas associadas ás rochas sedimentares na porção jusante da bacia hidrográfica.



Fonte: IGPLAN, 2009

Figura 5.2.1.39: Porcentagem de ocorrência da orientação das vertentes na bacia hidrográfica do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009

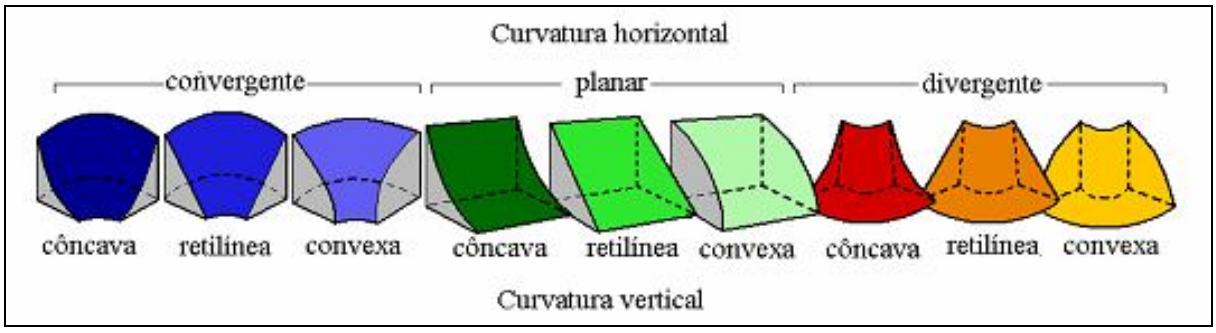
As vertentes da bacia hidrográfica do rio Iratim foram analisadas sob dois aspectos de curvatura (curvatura vertical e curvatura horizontal), de modo a possibilitar a verificação da relação da morfologia das vertentes com as distintas unidades litológicas da área de estudo.

A curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil. É definida com a segunda derivada da altitude, o que pode ser descrito como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância. Traduzindo tais definições para a percepção comum, refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno, quando analisado em perfil (Figuras 5.2.1.40 e 5.2.1.41). É expresso em diferença de ângulo dividido por distância horizontal, o que pode assumir diferentes unidades.

A curvatura horizontal expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal. Em analogia à relação entre curvatura vertical e declividade, a curvatura horizontal pode ser descrita como a variação da orientação de vertentes ao longo de uma determinada distância. Na nossa percepção comum, a curvatura horizontal se traduz no caráter de divergência ou convergência das linhas de fluxo (Figuras 5.2.1.40 e 5.2.1.41).

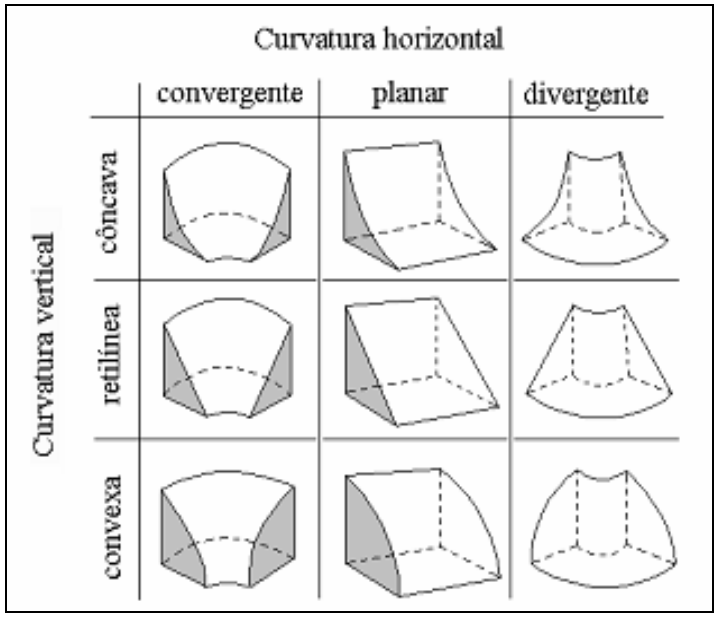
Para melhor entendimento das características físicas das condições de curvatura pode-se associar cores a cada tipo de combinação. Como exemplo, a classe côncavo-convergente foi codificada como azul para simbolizar uma possível influência de umidade nessas áreas. Reciprocamente, terrenos convexo-divergentes foram codificados em amarelo, numa alusão à ocorrência de terrenos mais secos e possível exposição do substrato devido à maior probabilidade de solos mais rasos. Assim, embora a forma de terreno constitua uma variável essencialmente qualitativa, há que se considerar que essa integra efeitos que podem ser ordenados pela sua intensidade (Figura 5.2.1.40).

Figura 5.2.1.40: Tipologia de curvatura de vertentes.



Fonte: INPE, 2008.

Figura 5.2.1.41: Tipologia de curvatura de vertentes.



Fonte: INPE, 2008.

Os tipos de curvaturas das vertentes na bacia hidrográfica do rio Iratim foram associados às diferentes classes de declividade identificadas na área, dada a ocorrência de padrões distintos de vertentes em cada unidade. A Tabela 5.2.1.9 ilustra a as curvaturas horizontais e verticais associadas às classes de declividade.

Tabela 5.2.1.9: Tipologia de curvatura de vertentes e área de ocorrência associada às classes de declividade. Porcentagem relativa a área total da bacia hidrográfica.

		0 – 5°	5 – 10°	10 – 20°	20 – 30°	> 30°
Convergente	Côncavo	7,1	8,4	8,4	2,1	0,2
	Retilíneo	3,2	1,9	0,9	0,1	0,0
	Convexo	1,7	1,9	1,9	0,4	0,0
Planar	Côncavo	2,1	2,6	3,2	1,2	0,1
	Retilíneo	1,4	1,0	0,7	0,2	0,0
	Convexo	1,4	1,8	2,1	0,6	0,1
Divergente	Côncavo	3,2	3,8	3,9	1,0	0,1
	Retilíneo	3,5	2,4	1,4	0,2	0,0
	Convexo	5,6	7,9	8,2	2,0	0,2

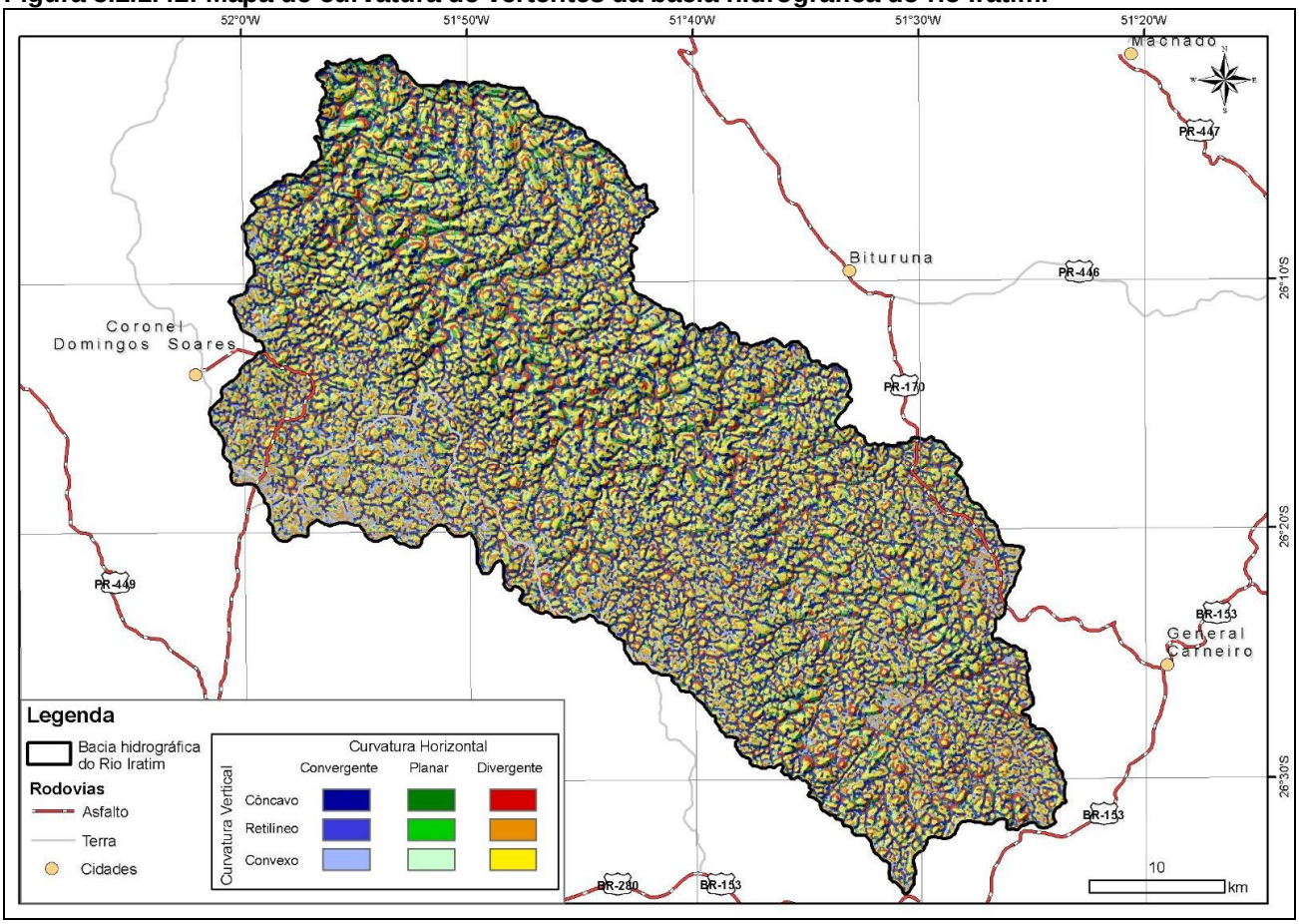
Fonte: IGPlan, 2009

Na bacia do rio Iratim as vertentes de curvatura horizontal do tipo convergente somam 38% da área da bacia, as vertentes de curvatura horizontal do tipo planar representam 18 % e as vertentes de curvatura horizontal associadas à áreas divergentes somam 43%. Já as vertentes de curvatura vertical do tipo côncavo totalizam 47%, as do tipo retilíneo 17% e as convexas 36%.

De modo geral observa-se que ocorre na bacia um predomínio das vertentes divergentes, seguido pelas áreas convergentes e planares (Figura 5.2.1.42). Quanto às vertentes de

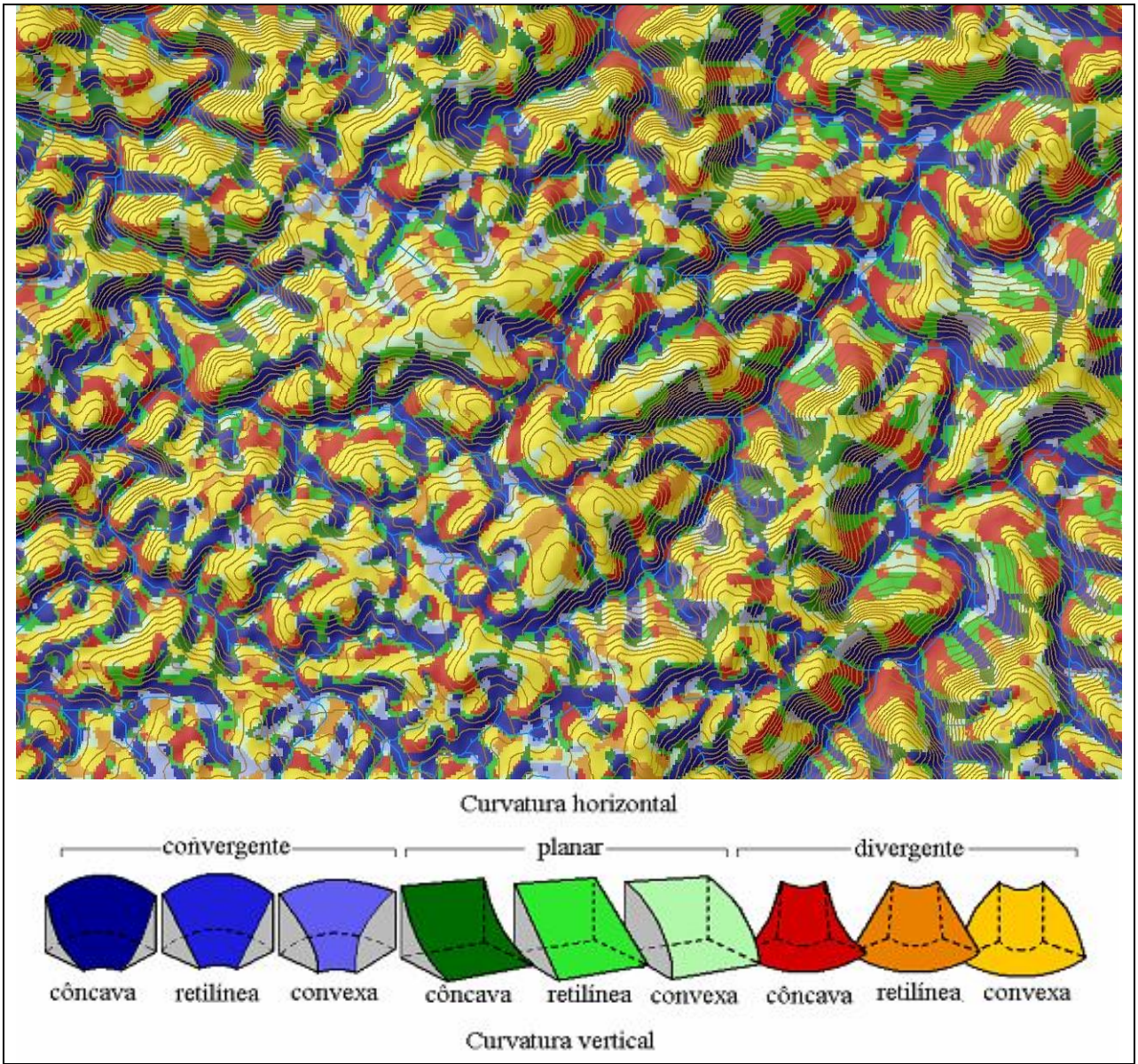
curvatura vertical ou de perfil, contatou-se que ocorre um predomínio de vertentes côncavas, seguido por vertentes convexas e retilíneas. A figura 5.2.1.43 ilustra detalhes da ocorrência das tipologias de curvatura ou forma das vertentes da bacia hidrográfica do rio Iratim.

Figura 5.2.1.42: Mapa de curvatura de vertentes da bacia hidrográfica do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009

Figura 5.2.1.43: Detalhe das tipologias de curvatura de vertentes no interflúvio das sub-bacias do rio Iratim.



Fonte: IGPLAN, 2009

5.2.1.7. Contexto Pedológico

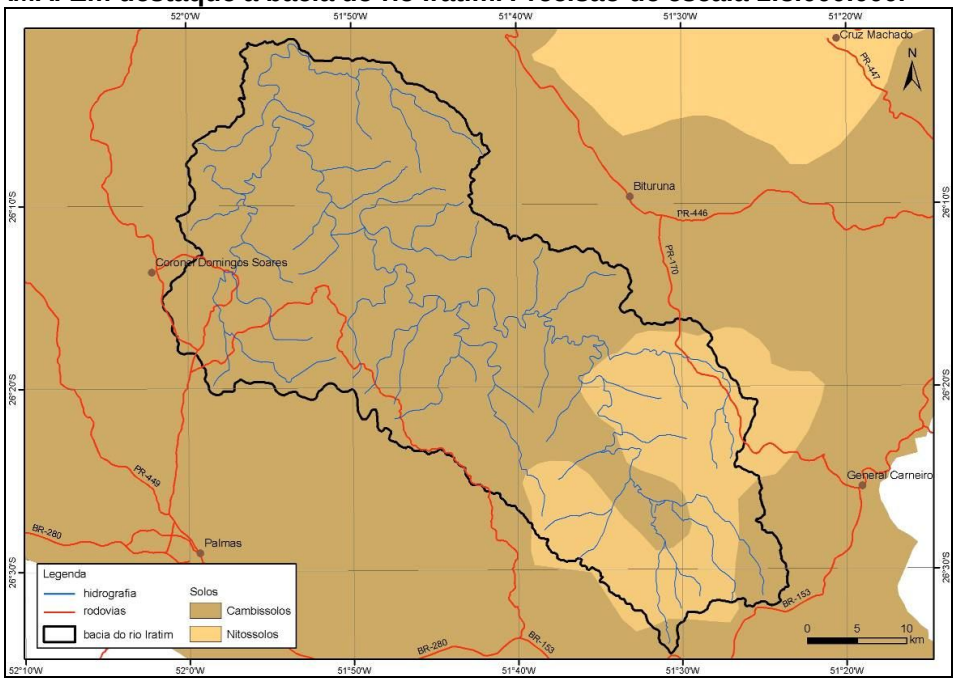
São diversas as abordagens quanto a conceitos e função do solo, segundo diferentes áreas do conhecimento. Geógrafos, geólogos, engenheiros, químicos, biólogos, planejadores, entre outros, podem enfatizar diferentes características, origens e função para um mesmo fato natural, a cobertura pedológica.

A classificação de solos no Brasil é distinta das demais classificações adotadas em outras partes do mundo e consiste de uma maior interatividade com os sistemas classificatórios norte-americano e da FAO/UNESCO. Predominava no Brasil até o final da década de 1990 um sistema classificatório originado na evolução do antigo sistema norte-americano, modificado ao longo de décadas pelo reconhecimento e adição de novas unidades. A partir de 1999 passa a vigorar no país o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, instituído pela EMBRAPA, que tem como unidade básica de estudo o *perfil de solo*.

O novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) organiza os diferentes tipos de solos em classes de seis níveis categóricos. Do primeiro ao sexto nível os solos são organizados em Ordens, Subordens, Grandes Grupos, Subgrupos, Famílias e Séries, respectivamente.

São poucos os mapeamentos de solos que contemplam a região da bacia hidrográfica do rio Iratim e entorno. Dentre o pequeno número de mapeamentos existentes, observam-se algumas diferenças quanto aos tipos de ocorrências, fato relacionado principalmente à variação de escalas dos produtos finais. Segundo o mapeamento de solos disponibilizado em formato vetorial pelo SISCOM/IBAMA na escala 1:3.000.000, ocorrem na bacia e entorno solos das ordens cambissolos, estes predominantes, e nitossolos, conforme classificação da EMBRAPA (2006) (Figura 5.2.1.44).

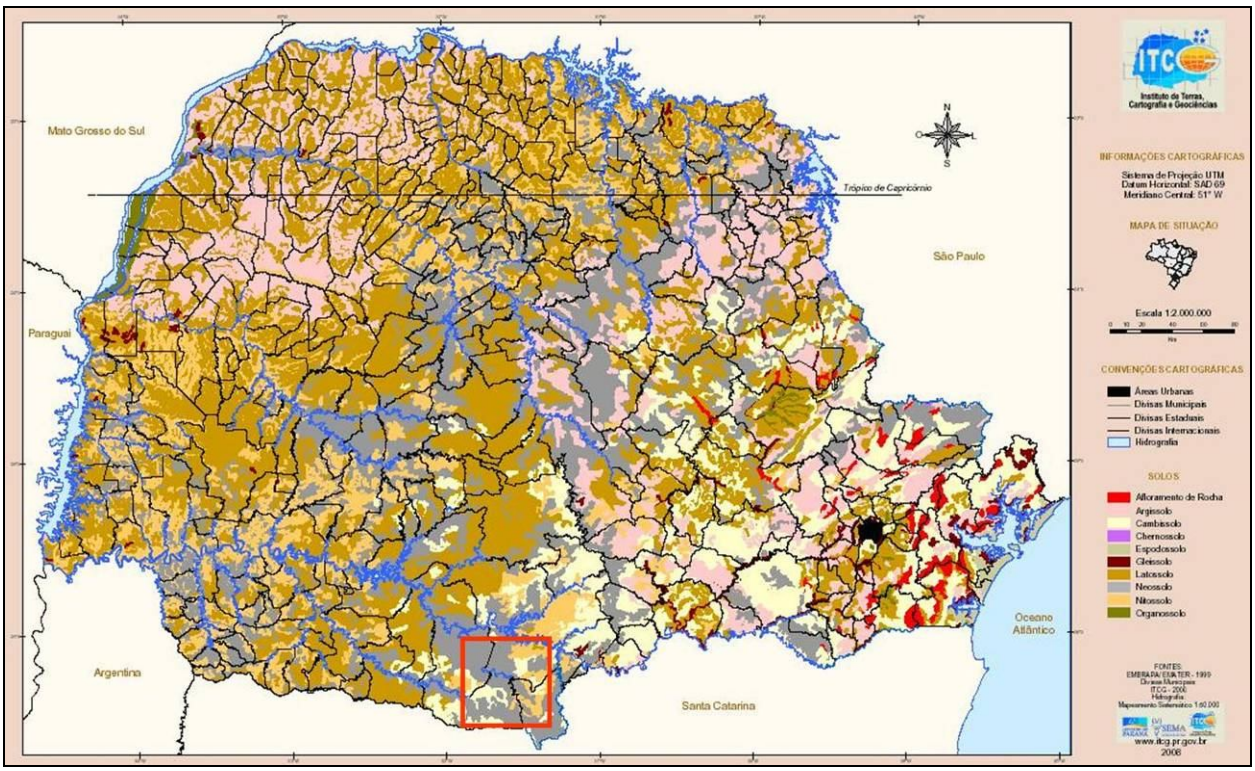
Figura 5.2.1.44: Detalhe do mapeamento de solos do Estado do Paraná disponibilizado pelo SISCOM/IBAMA. Em destaque a bacia do rio Iratim. Precisão de escala 1:3.000.000.



Fonte: SISCOM/IBAMA, 2009. Organizado por IGPlan, 2009.
Nesse mapeamento os cambissolos ocorrem em todo o terço médio e jusante da bacia hidrográfica, assim como ao longo do vale do rio Iratim em quase todo o seu terço montante. Nesse mesmo setor concentra-se a ocorrência de nitossolos, que correspondem às áreas mais elevadas da bacia (Figura 5.2.1.44).

Já segundo o mapa de solos disponibilizado pelo ITCG na escala 1:2.000.000, ocorrem na área da bacia solos das ordens nitossolos, cambissolos e neossolos de subordem litólicos. A bacia do rio Iratim situa-se em uma faixa entre o leste e o oeste do Estado em que se verifica uma transição de predomínio de tipos de solos, sendo marcada pela ocorrência de grandes manchas de neossolos litólicos (Figura 5.2.1.45).

Figura 5.2.1.45: Mapa de solos do Estado do Paraná. Em destaque a área de estudo.



Fonte: ITCG, 2006.

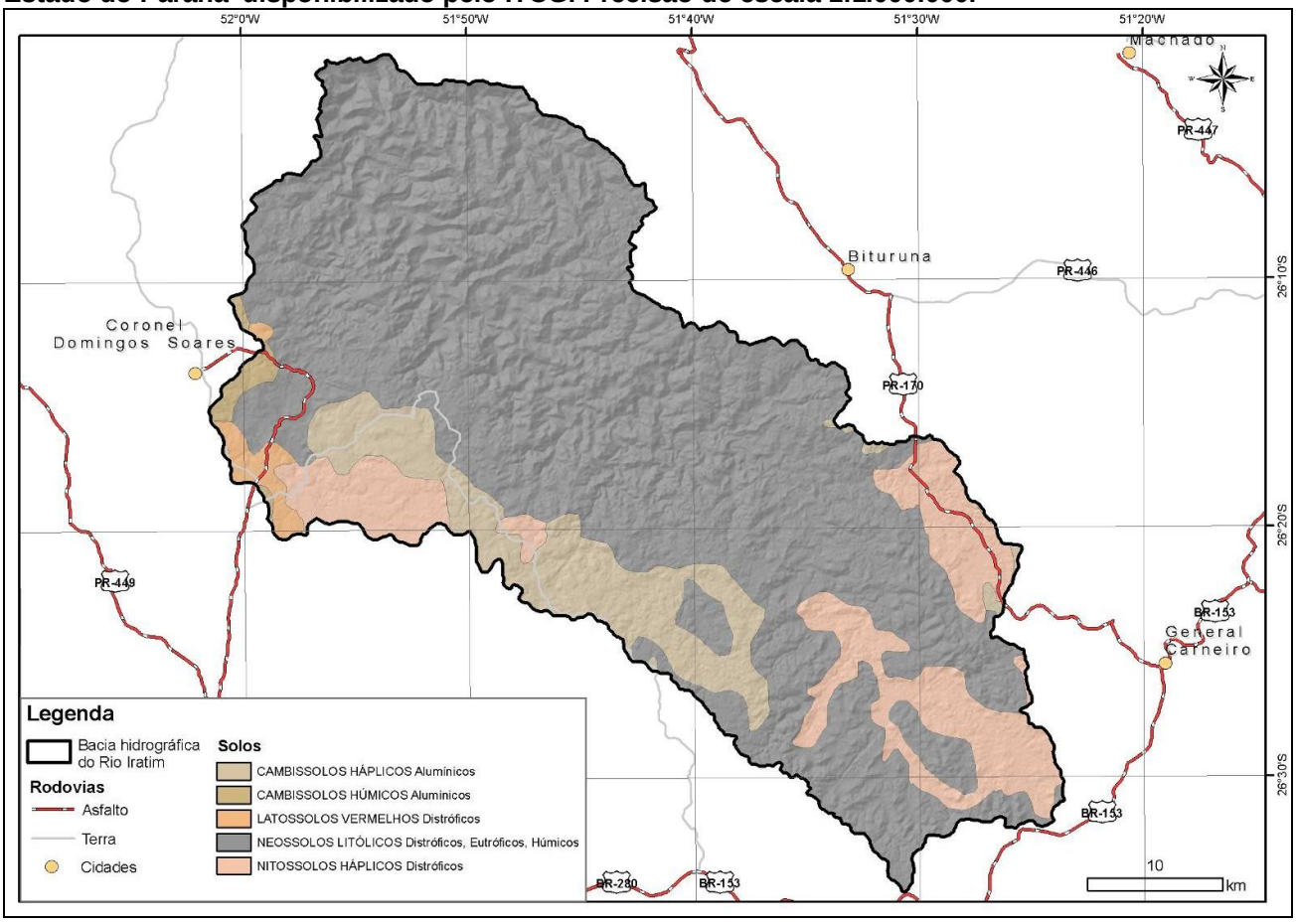
O mapeamento de solos disponibilizado também pelo ITCG, em formato vetorial na escala 1:1.000.000, indica a ocorrência dos mesmos tipos de solos na área da bacia: cambissolos, neossolos de subordem litólicos e nitossolos, com acréscimo de pequena ocorrência de latossolos (Figura 5.2.1.46). No entanto, tal mapeamento detalha melhor sua distribuição, o que possibilita identificar a ocorrência de subordens e grandes grupos, além de algumas associações de diferentes tipos de solos. Até o momento de redação deste relatório não havia disponibilidade pública nos diversos órgãos e instituições consultados de quaisquer outros mapeamentos de solos em escalas maiores.

Apesar da discrepância entre as classes de solos que predominam na bacia apresentadas nos mapeamentos disponibilizados pelo SISCOM/IBAMA e ITCG, deve-se atentar para o fato de

que ambos os tipos de solos predominantes – cambissolos ou neossolos litólicos – constituem solos menos desenvolvidos, pouco espessos e sobrepostos diretamente sobre a rocha de origem ou horizonte C menos intemperizado.

Por outro lado, observou-se em campo, nos setores percorridos, uma grande variação quanto à profundidade dos perfis de solos, que ora apresentavam-se decimétricos, ora com profundidades superiores a 2 m, com diversas espessuras intermediárias entre os extremos, em ocorrências por vezes muito próximas.

Figura 5.2.1.46: Ocorrência de solos na bacia do rio Iratim segundo mapeamento de solos do Estado do Paraná disponibilizado pelo ITCG. Precisão de escala 1:1.000.000.



5.2.1.8. Considerações Finais

A instalação dos empreendimentos implicará em impactos positivos e negativos, com influência local e regional. Deve-se inicialmente ressaltar a importância da construção de PCHs para a ampliação da matriz energética hidrelétrica brasileira. É previsto por especialistas uma futura escassez de energia elétrica no país em função da dificuldade de instalação de novos projetos de grandes UHs. A solução de instalação de PCHs, dado seu impacto ambiental reduzido, pode constituir em efetiva contribuição para auxiliar na solução de um futuro problema.

A implantação das PCHs propostas impõe, a princípio, impactos menores ao ambiente natural. Caso devidamente monitoradas, poderão representar, sob essa ótica, uma contribuição ainda que pequena ao sistema energético estadual e nacional.