

12.1.3. Geomorfologia

12.1.3.1. Introdução

Para a caracterização da geomorfologia das áreas de influência da UHE Tijuco Alto foram considerados para análise aspectos como:

- ✓ a compartimentação topográfica;
- ✓ os padrões de formas e das vertentes;
- ✓ as formas de relevo quanto à sua gênese, tamanho (morfometria) e dinâmica atual;

A elaboração deste diagnóstico tem como objetivo a análise dos impactos que o empreendimento pode trazer ao relevo, como por exemplo a indução aos impactos indiretos (processos erosivos e de movimento de massa, inundações, assoreamentos) e aos impactos diretos que podem ocorrer, como a necessidade de cortes, aterros, desmontes de morros, drenagem e ressecamento de planícies fluviais, retificação ou desvio de leitos fluviais etc.

12.1.3.2. Metodologia

A metodologia utilizada para a delimitação e caracterização dos compartimentos geomorfológicos da Área de Influência Direta - AID resultou de uma adaptação da proposta de PONÇANO (1979), que utiliza o conceito de sistemas de relevo a qual foi aplicada no trabalho realizado pelo IPT para a elaboração do *Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo* (IPT, 1981).

O mapeamento foi realizado através de interpretação de fotos aéreas, na escala 1:20.000 e análise de imagens de satélite Landsat 7 - TM, Composição Colorida RGB/543 e Preto e Branco, nas escalas 1:50.000, com o apoio de cartas topográficas, cartas de isodeclividade e reconhecimento de campo no período de 13 a 16 de setembro de 2004.

Nas imagens de satélite foram identificados os conjuntos de formas de relevos semelhantes, cujos limites foram transferidos para a base cartográfica, onde suas características foram, então, determinadas a partir das informações das cartas topográficas.

Para a caracterização das unidades de relevo foram estabelecidos alguns critérios, tais como:

- ✓ amplitude local das formas reconhecidas;
- ✓ declividade, perfil e comprimento das encostas;
- ✓ forma das cristas;
- ✓ densidade e padrão de drenagem.

A forma das encostas foi definida por fotointerpretação e apoio de cartas topográficas, observando-se em cada compartimento a predominância de encostas de forma convexa, côncava ou reta. A importância da análise da forma das encostas reside no fato de que com isto é possível identificar os processos de evolução das vertentes: as vertentes convexas indicam uma predominância de processos de remoção de massa, enquanto as côncavas indicam predominância de processo fluviais e escoamento superficial em sulcos.

Também foi utilizada para a identificação dos compartimentos a influência do arcabouço estrutural da área sobre as formas de relevo, tais como cristas e vales.

O Quadro 12.1.3/01 apresenta, de forma resumida, os critérios utilizados na definição da compartimentação geomorfológica.

Por último, foram delimitadas ou indicadas as unidades geomorfológicas simples que ocorrem associadas aos distintos compartimentos tais como pequenas planícies, terraços e leques aluviais, rampas de colúvio, escarpas, cicatrizes de movimentos de massa e formas associadas ao relevo cárstico, como dolinas e depressões doliniformes.

Na legenda foram apresentadas as formas de relevo de acordo com sua natureza genética: as formas de agradação ou acumulação e as formas de degradação ou denudação. Desta forma, estão estabelecidas sete categorias de relevo, descritas a seguir:

- ✓ Formas de Degradação:
 - colinas e morrotes
 - morros
 - “hogbacks”
 - relevo cárstico
 - relevo de transição
- ✓ Formas de agradação ou acumulação
 - Terraços fluviais
 - Planícies fluviais

Outras formas presentes tiveram uma legenda específica, devido à pequena expressão em área, na escala de estudo.

QUADRO 12.1.3/01 - CRITÉRIOS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO (ADAPTADO DE IPT, 1981)

Critério	Categoria	Intervalo	Conceito
Amplitude	Pequena Média Grande	< 100 m 100 - 300 m > 300 m	Altura máxima da unidade em metros, entre seu topo e os vales maiores adjacentes.
Declividade	Baixa Média Média-Alta Alta	0 - 3 % 3-8 % 8 - 20 % 20-30% > 30%	Inclinação média do perfil da encosta, expressa em porcentagem.
Perfil das encostas	Convexo Retilíneo Côncavo	-	Conceito convencional
Formas das cristas	Aplainados Arredondados Agudos	-	Conceito convencional
Padrão da drenagem	Dendrítico Paralelo Trelença	-	Conceito convencional

Assim, através do cruzamento das informações foi possível identificar os compartimentos geomorfológicos quanto aos tipos de relevo de degradação. Os principais critérios distintivos são as amplitudes locais predominantes e a declividade das encostas. Além destes, foram considerados a densidade de drenagem, as formas das cristas, o perfil das encostas e o padrão de drenagem.

As características dos padrões de relevo encontrados na área de estudo estão descritos, de forma resumida, a seguir:

✓ Colinas e morrotes:

As amplitudes destas formas não ultrapassam 100 metros. Podem apresentar declividade variável, não sendo, no entanto maiores do que 45%.

✓ Morros

Apresentam amplitude entre 100 e 300 metros. Alguns morros podem apresentar declividades menores, sendo classificados como morros com encostas suavizadas, no entanto apresentam, na maioria dos casos, declividades acima de 20%.

✓ Montanhas

São formas que apresentam alta amplitude, maiores do que 300 metros, e alta declividade, acima de 20%.

✓ Hogbacks

São formas particulares de relevos de degradação, os quais apresentam estrutura inclinada semelhante à de uma cuesta, mas na qual o mergulho das camadas é geralmente superior a 30°. São sustentadas por camadas mais resistentes à erosão.

✓ Relevo cárstico

Nestas formas é importante a atuação dos processos de dissolução química, devido à natureza das litologias predominantes no embasamento, e os processos físicos de abatimento. Foram mapeadas as dolinas e depressões doliniformes, apesar de estarem presentes outras feições cársticas na área.

✓ Relevo de transição

São relevos caracterizados por alta energia e intensa atuação de processos de degradação. As amplitudes, em geral são maiores do que 100 metros e as declividades variam significativamente.

12.1.3.3. Caracterização Geomorfológica da Área de Influência Direta

A principal característica geomorfológica da área é a presença predominante do relevo de morros e montanhas originadas pela dissecação fluvial dos rios que compõem a bacia do Rio Ribeira. O relevo caracteriza-se por ser enérgico, com declividades acentuadas.

Nesta região predominam altitudes entre 280 e 600 m, sendo que os desníveis aumentam na direção Sudoeste-Nordeste, de 400 a 700 metros. As altitudes diminuem rapidamente em direção ao Vale do Rio Ribeira, quando chega a cerca de 280 m, no extremo sudoeste da área.

As altitudes variam entre 930 m, no sudeste, e menos de 200 m no Vale do Rio Ribeira, próximo à futura barragem. As maiores altitudes concentram-se na parte leste, na Serra do Carumbé, onde são freqüentes as altitudes superiores a 840 m. Também ocorrem cotas maiores que 840 m na parte noroeste da área, próximas à localidade do Moqué. A sul, já fora da área de influência, as altitudes alcançam 1.200 m *s.n.m.*, na serra do Urutão.

A Figura 12.1.3/01 apresenta dois perfis topográficos da AID, onde se verifica a presença de altas declividades e a variação da altitude, bem como o forte entalhamento dos rios.

ENTRA FIGURA 12.1.3/01

Aproximadamente 75% da região possui encostas com declividades superiores a 20%, sendo mais da metade superior a 45%.

As declividades mais acentuadas encontram-se na parte nordeste da área, próximas ao vale do Ribeira, englobando também uma faixa aproximada entre as cidades de Ribeira e Adrianópolis e um de seus principais afluentes, o ribeirão do Rocha.

Na parte central da região, a norte de Cerro Azul, ocorre a maior concentração de encostas com declividades inferiores a 20%. No restante da área verifica-se a ocorrência de declividades mais baixas (>20) de forma esparsa, com maior concentração na porção sudoeste da região. (Desenho MA136.00.38-DE.04)

É importante, no entanto, salientar que a carta de declividade foi confeccionada com base nas cartas topográficas em escala 1:50.000, fato que pode ocasionar uma perda de acuidade na análise, tendo em vista que a observação de campo e das fotos aéreas permite inferir que se trata de uma área de alta declividade. Em função disto, as declividades apresentadas no mapa devem ser consideradas como declividades mínimas, pois uma análise mais detalhada poderá fornecer uma maior proporção de terrenos mais íngremes.

a) Compartimentação Geomorfológica

A análise geomorfológica da região permite concluir que se trata de uma área onde predominam largamente os processos erosivos que geraram as formas de degradação existentes, tais como colinas, morros e montanhas, modeladas sobre rochas pré-cambrianas. A topografia é bastante acidentada e a drenagem bastante entalhada. (Fotos 1 e 2)

O principal processo de esculpturação da paisagem é a erosão fluvial, muito eficiente na área, devido às altas precipitações e altitudes existentes. Também são difundidos os processos de degradação originados por dissolução, principalmente devido à existência de rochas calcáreas, as quais são muito suscetíveis a este processo. Testemunhas disto são a grande quantidade de depressões de dissolução e rios subterrâneos encontrados na área.

A predominância dos processos erosivos sobre os de intemperismo, assim como as altas declividades e a ocorrência de outros tipos de movimentos de massa não permitem a formação de mantos de alteração espessos.

As diferentes litologias encontradas na área reagem de forma diversa ao processo erosivo, o que faz com que se originem formas diferentes em cada grande unidade litológica. Desta forma, observa-se que a morfologia presente no Complexo Granítico Três Córregos é diferente da desenvolvida sobre os metamorfitos Açungui.

As formas de agradação ou acumulação correspondem, principalmente, a estreitas planícies aluviais e terraços que ocorrem ao longo do rio Ribeira e alguns de seus afluentes (Foto 3 e 4). Outras formas de acumulação são pequenos leques aluviais e rampas de colúvio (Foto 5), estas últimas ocorrem, principalmente, ao longo do rio Ribeira, a montante do local onde será erguido o eixo da barragem.

Observa-se uma drenagem profundamente entalhada, com vales estreitos e com vertentes íngremes, no domínio dos metassedimentos, sendo os interflúvios longos e pouco dissecados, o que evidencia a predominância da erosão linear. Os diques de diabásio facilitam a quebra das estruturas mais resistentes e balizam, freqüentemente, os cursos d'água. Vales, linhas de crista ou interflúvios alongados e paralelos, caracterizam a maior parte da área de ocorrência dos metassedimentos do Grupo Açungui. Camadas quartzíticas, e também filíticas, sustentam cristas altas. Nas áreas de calcáreo e calcioxistos

encontram-se numerosas áreas de dolinas e depressões doliniformes, onde são freqüentes a presença de rios subterrâneos com conseqüentes ressurgências.

Sobre as rochas graníticas, desenvolvem-se, genericamente, formas mais uniformes, devido à maior homogeneidade litológica e à ausência de estruturas lineares.

Os interflúvios, sem possuir orientação preferencial, apresentam-se profundamente dissecados, onde se observa intenso ravinamento nas encostas. Em função da alta declividade, da espessura e composição dos solos, observa-se com freqüência, eventos de deslizamentos na época de chuvas, principalmente, onde a vegetação foi retirada (Foto 6).

Sinteticamente, a região pode ser subdividida em duas áreas principais:

✓ Região que compreende a parte Central, Noroeste e Sudoeste da AID:

Predomínio de relevo de morros, em geral com cristas agudas (Foto 7). Drenagem de alta densidade, padrão de geralmente dendrítico, mas onde também ocorre o do tipo paralelo. Apresenta controle estrutural fraco, evidenciando um substrato litologicamente homogêneo. As evidências de controle de drenagem provavelmente representam sistemas de fraturas. Em direção a jusante do rio Ribeira, ocorre uma faixa de relevo montanhoso (Foto 7), com cristas agudas e vertentes mais longas. A drenagem é de menor densidade e apresenta padrão paralelo, às vezes irregular.

A morfologia destes dois compartimentos responde, principalmente, aos processos atuais de modelagem fluvial, provocada pelos rios que compõem a bacia do rio Ribeira.

Pouco mais a leste, ocorrem compartimentos que parecem ter sido formados sob processos geomórficos pretéritos. Trata-se de vários compartimentos com formas do tipo colinas e morrotes e morros de topos arredondados. As amplitudes de relevo local são geralmente inferiores a 100 metros, as declividades são as menores da região, raramente superando 45%, e com muitas áreas de declividade abaixo de 20% (Fotos 8 e 9). Tais compartimentos manifestam-se sempre em áreas de divisores e parecem corresponder a restos de antigas superfícies de aplainamento. É admissível supor que estas áreas, que apresentam relevo suave comparado ao restante da área, possam ter se formado quando a região drenava para a Bacia do Paraná. Este fato, aliado provavelmente a mudanças climáticas, favoreceu a formação deste tipo de paisagem.

✓ A segunda abrange uma faixa de Sudeste a Nordeste:

Caracteriza-se pelo forte controle estrutural, evidenciando um substrato geológico fortemente dobrado e falhado, e com diversidade litológica.

É uma área com fortes contrastes de relevo, ocorrendo hogbacks, morros, montanhas e áreas de relevo cárstico.

Devido ao controle estrutural, é mais difícil separar aquelas formas modeladas pela dinâmica atual, daquelas que conservam evidências de ações pretéritas. Contudo, a região montanhosa originada pela intensa dissecção do rio Ribeira e seus principais afluentes se enquadra, sem dúvida, no primeiro tipo.

Estes compartimentos apresentam amplitudes locais maiores do que 300 metros, com vertentes longas e inclinação predominante superior a 45% e cristas agudas (Foto 10 e 11). A densidade de drenagem é média e evidencia forte controle estrutural, apresentando padrões em treliça, paralelo e também dendrítico.

Além destas duas áreas principais, podem-se descrever as seguintes dominâncias de relevo:

No limite sul da área ocorre uma faixa de morros com cristas arredondadas, às vezes agudas, orientados pela estrutura geológica, e vertentes de comprimento médio e declividade predominante de 20 a 45%. A densidade de drenagem é baixa e o padrão que ocorre com maior frequência é o tipo treliça.

Em alguns setores o controle estrutural torna-se mais forte e a existência de estratos rochosos mais resistentes origina verdadeiros hogbacks, onde são visíveis as cristas estruturais. Existe uma verdadeira transição desde os morros com controle estrutural até os hogbacks mais evidentes.

As cristas dos hogbacks são agudas, as vertentes médias e longas e as declividades predominantes são maiores do que 20%, sendo frequentemente maiores do que 45%. O padrão de drenagem é paralelo ou em treliça e a densidade, média.

Outra grande feição geomorfológica na área é a paisagem cárstica. Os processos cársticos são favorecidos pela presença de rochas solúveis e pela alta precipitação. Os estudos já efetuados revelam a presença de cerca de cem feições cársticas na área, dentre cavernas, grutas, locas, abismos, precipícios, dolinas etc. Nas áreas de relevo cárstico é evidente o aspecto ruiforme, onde dolinas são identificadas facilmente em relevos mais planos. Além de grutas, abismos e dolinas, são encontradas caneluras de dissolução, evidenciando a solubilização dos maciços. O padrão estrutural do maciço exerce forte controle estrutural, não apenas sobre a drenagem superficial, mas também sobre as diferentes feições cársticas observadas (IPT, 1997).

Embora as formas cársticas, como as dolinas, as depressões doliniformes e cavidades de dissolução (Foto 12) ocorram em praticamente toda a área, verifica-se que estão fortemente concentradas junto à Serra do Carumbé. O relevo cárstico caracteriza-se por apresentar encostas curtas e médias, de forma variada e declividade entre 20 e 45%. As cristas são agudas e a drenagem é caracterizada por sumidouros, ressurgências, pequenas lagoas nos fundos das dolinas e rios subterrâneos.

Nos morros e hogbacks desta área, algumas feições sugerem que no modelado da paisagem participaram processos diferentes das atuantes hoje, entretanto, o forte controle estrutural dificulta a definição de áreas com claras evidências da ação pretérita de processos morfogenéticos.

O Quadro 12.1.3/02, a seguir, fornece as características dos compartimentos geomorfológicos encontrados na Área de Influência Direta. O Mapa de Geomorfologia (Desenho MA136.00.38-DE.02) localiza espacialmente os compartimentos de relevo.

QUADRO 12.1.3/02 COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS PRESENTES NA AID

Denominação	Símbolo	Amplitude (m)	Encostas				Drenagem		Controle Estrutural	Outras feições presentes no compartimento
			Declividade (%)	Perfil	Comprimento	Cristas	Padrão	Densidade		
Colinas e Morrotes	21.1	< 100	20-45	variável	curtas e médias	arredondadas	dendrítico	média a alta	fraco	rampas de colúvio
	21.2		8 a 45	convexas e côncavas	curtas	arredondadas	dendrítico	média	fraco	rampas de colúvio
	21.3		8 a 45	côncavas	curtas	agudas	dendrítico	média a alta	fraco	depressões doliniformes
	21.4		até 8	retas e côncavas	curtas	agudas	dendrítico	alta	fraco	rampas de colúvio e depressões doliniformes
	21.5		até 8 e 20-45	convexas e retas	médias	arredondadas	dendrítico e treliça	média	forte	depressões doliniformes
	21.6		até 8 e 20-45	convexas e côncavas	médias e longas	arredondadas	dendrítico, treliça e paralelo	média	forte	dolinas
	21.7		20-45	convexas e côncavas	curtas	arredondadas	dendrítico	alta	fraco	depressões doliniformes rampas de colúvio
Morros	22.1	100-300	20-45 e 3-8	convexas e côncavas	médias	arredondadas	dendrítico	média	fraco	depressões doliniformes e rampas aluviais
	22.2		20-45	retas e côncavas	variáveis	agudas	dendrítico	muito alta	médio	terraços, planícies e leques aluviais, depressões doliniformes e cicatrizes de escorregamento
	22.3		20-45 e 3-8	retas e côncavas	curtas	agudas	dendrítico e paralelo	alta	fraco	planícies aluviais
	22.4		20-45 e >45	variável	médias	arredondadas	treliça e dendrítico	média	forte	dolinas
	22.5		20-45	retas e côncavas	longas	agudas	dendrítico e paralelo	média	fraco	planícies aluviais e rampas de colúvio
	22.6		20-45 e >45	retas e côncavas	médias	arredondadas	dendrítico	média e alta	fraco	
	22.7		20-45 e >45	retas e côncavas	médias e longas	agudas	dendrítico	média	médio	planícies, terraços e leques aluviais,
	22.8		20-45 e >45	retas e côncavas	médias	agudas e arredondadas	treliça	média e baixa	forte	dolinas, bacias fechadas

(continua...)

QUADRO 12.1.3/02 COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS PRESENTES NA AID

(...continuação)

Denominação	Símbolo	Amplitude (m)	Encostas				Drenagem		Controle Estrutural	Outras feições presentes no compartimento
			Declividade (%)	Perfil	Comprimento	Cristas	Padrão	Densidade		
Morros	22.9	100-300	20-45	convexas e côncavas	médias	arredondadas	dendrítico	média	fraco	
	22.10		20-45 e 3-8	variável	médias	arredondadas e aplainadas	treliça, paralelo e dendrítico	média	forte	planícies aluviais
	22.11		20-45	variável	médias	agudas	treliça e paralelo	alta	forte	
	22.12		20-45 e 3-8	variável	médias	arredondadas	dendrítico e paralelo	média e alta	médio	depressões doliniformes
	22.13		20-45	retas e côncavas	médias e curtas	agudas	dendrítico	alta	fraco	
Hogbacks	23.1	100-300	20-45 e >45	retas e côncavas	médias e longas	agudas	paralelo	média	forte	dolinas, rampas de colúvio e cristas estruturais
	23.2		20-45 e >45	variável	médias	arredondadas e agudas	treliça	média e baixa	forte	dolinas e cristas estruturais
	23.3		20-45 e >45	variável	médias e longas	agudas	treliça	média	forte	dolinas, cristas estruturais e cicatrizes de escorregamento
	23.4		>45	retas e côncavas	longas	agudas	paralelo	média	forte	dolinas, cristas estruturais, cicatrizes de escorregamento e escarpas
Montanhas	24.1	> 300	> 45	retas e côncavas	longas	agudas	treliça, paralelo e dendrítico	média	forte	dolinas, planícies e terraços fluviais, rampas de colúvio e cicatrizes de escorregamento
	24.2		> 45	côncavas	longas	agudas	dendrítico e paralelo	média e baixa	fraco	planícies e terraços aluviais; escarpas
	24.3		20-45	retas e côncavas	longas	agudas	paralelo e irregular	média	médio	depressões doliniformes, rampas de colúvio; planícies e leques aluviais
	24.4		20-45 e >45	retas e côncavas	longas	agudas	treliça e dendrítico	média	médio e forte	dolinas e planícies aluviais

(continua...)

QUADRO 12.1.3/02 COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS PRESENTES NA AID

(...continuação)

Denominação	Símbolo	Amplitude (m)	Encostas				Drenagem		Controle Estrutural	Outras feições presentes no compartimento
			Declividade (%)	Perfil	Comprimento	Cristas	Padrão	Densidade		
Relevo Cárstico	25.1	100-300	20-45	variável	curtas e médias	agudas	cárstico e treliça	média	forte	dolinas e rampas de colúvio
	25.2	<100	20-45	variável	curtas e médias	agudas	cárstico e treliça	alta	forte	dolinas
Relevo Cárstico	25.3	100-300	20-45	variável	curtas e médias	agudas e arredondadas	cárstico	alta	forte	dolinas e bacias fechadas
	25.4	100-300	20-45	variável	curtas e médias	agudas	cárstico	alta	forte	dolinas e bacias fechadas
	25.5	<100	3 a 20	variável	curtas e médias	agudas	cárstico e dendrítico	média e alta	forte	rampas de colúvio, planícies aluviais e dolinas
Relevo de Transição	26.1	100-300	20-45	retas e côncavas	variáveis	agudas	paralelo e dendrítico	média	fraco	rampas de colúvio
	26.2		20-45	côncavas	longas		paralelo e dendrítico	alta	não apresenta	cicatrices de escorregamento