

Figura 5.3.9: Mapa de CMPs associados aos focos erosivos.

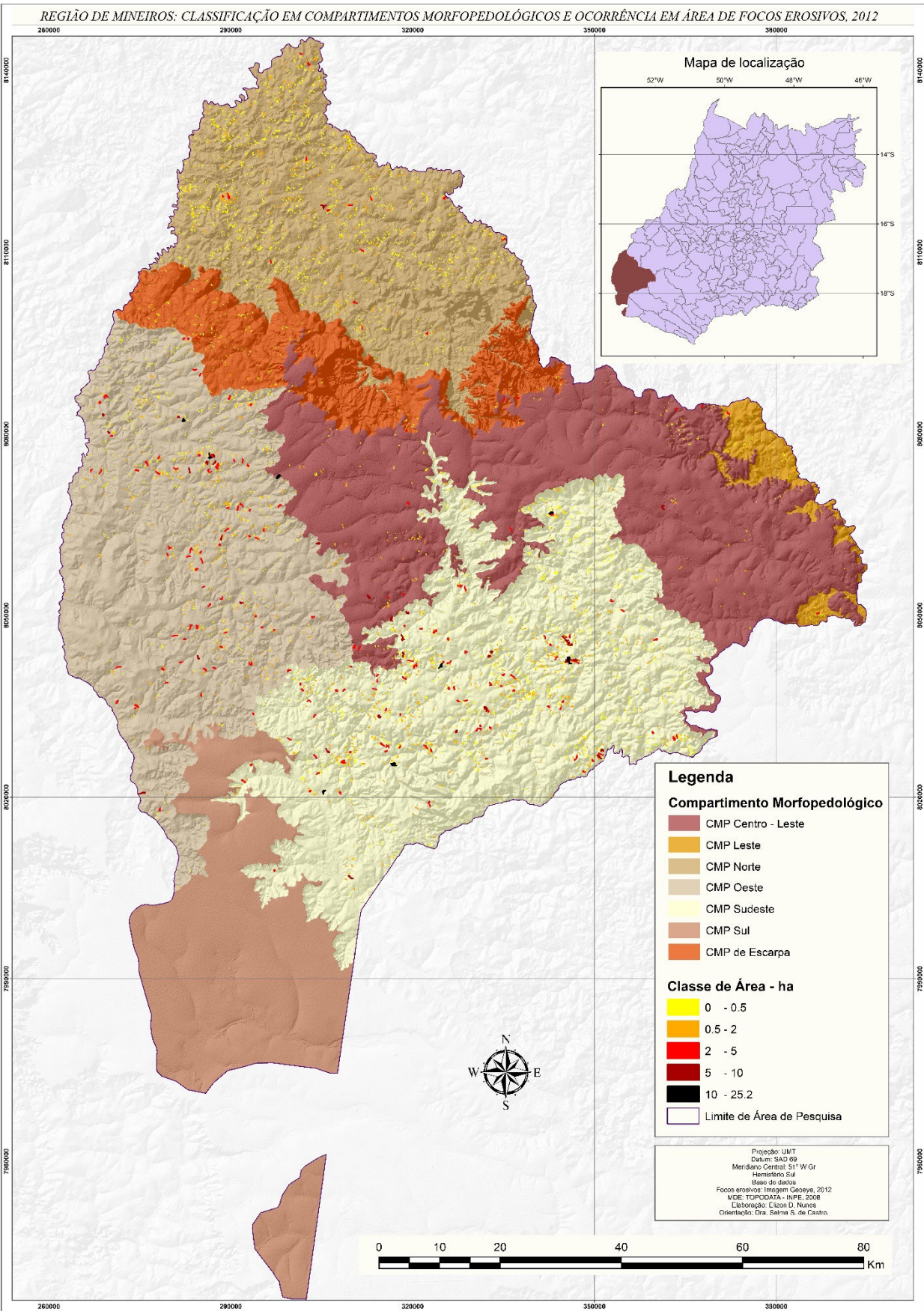


Figura 5.3.10: Mapa de fitofisionomias e uso do solo em 1985.

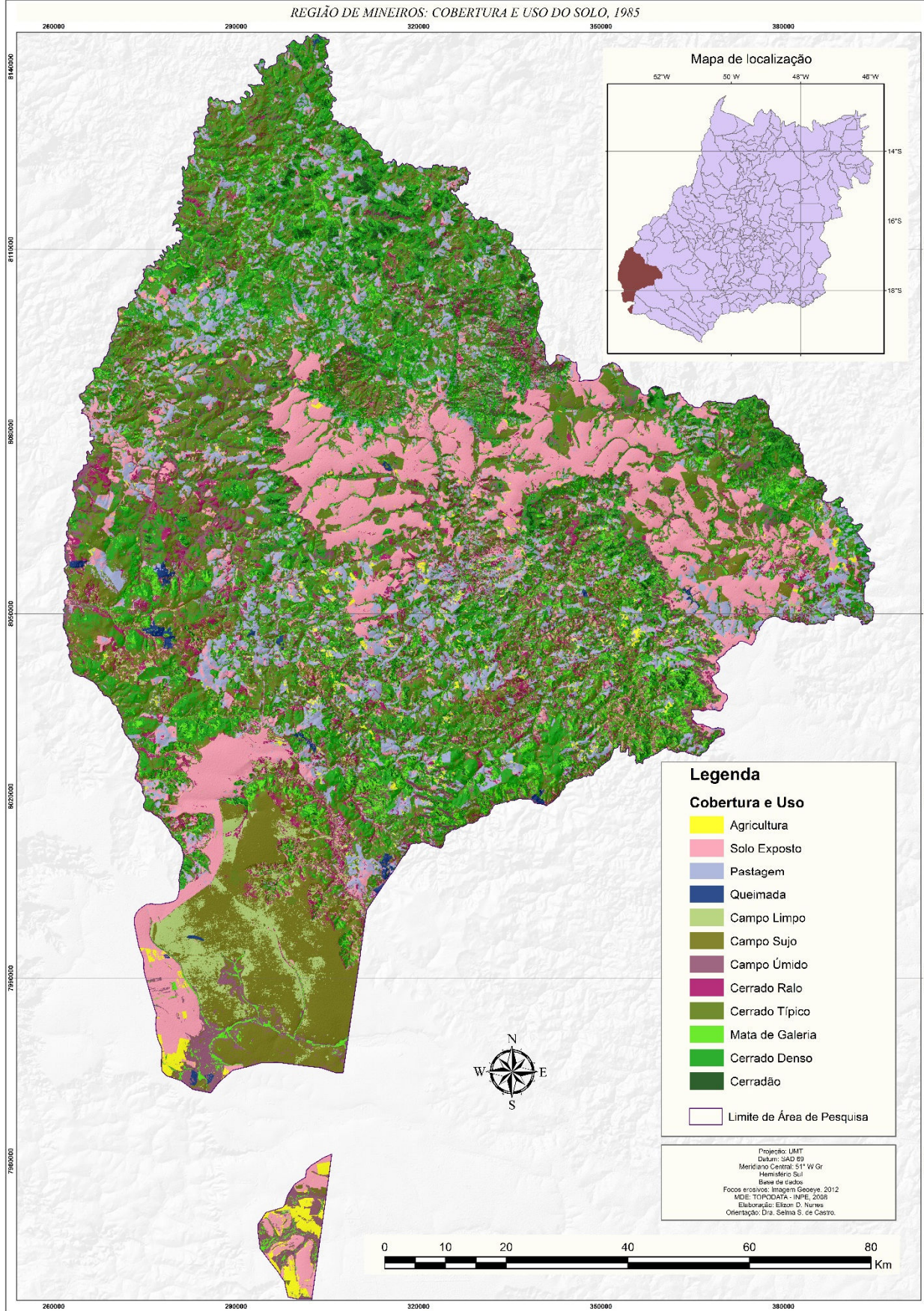


Figura 5.3.11: Mapa de fitofisionomias e uso do solo em 2014.

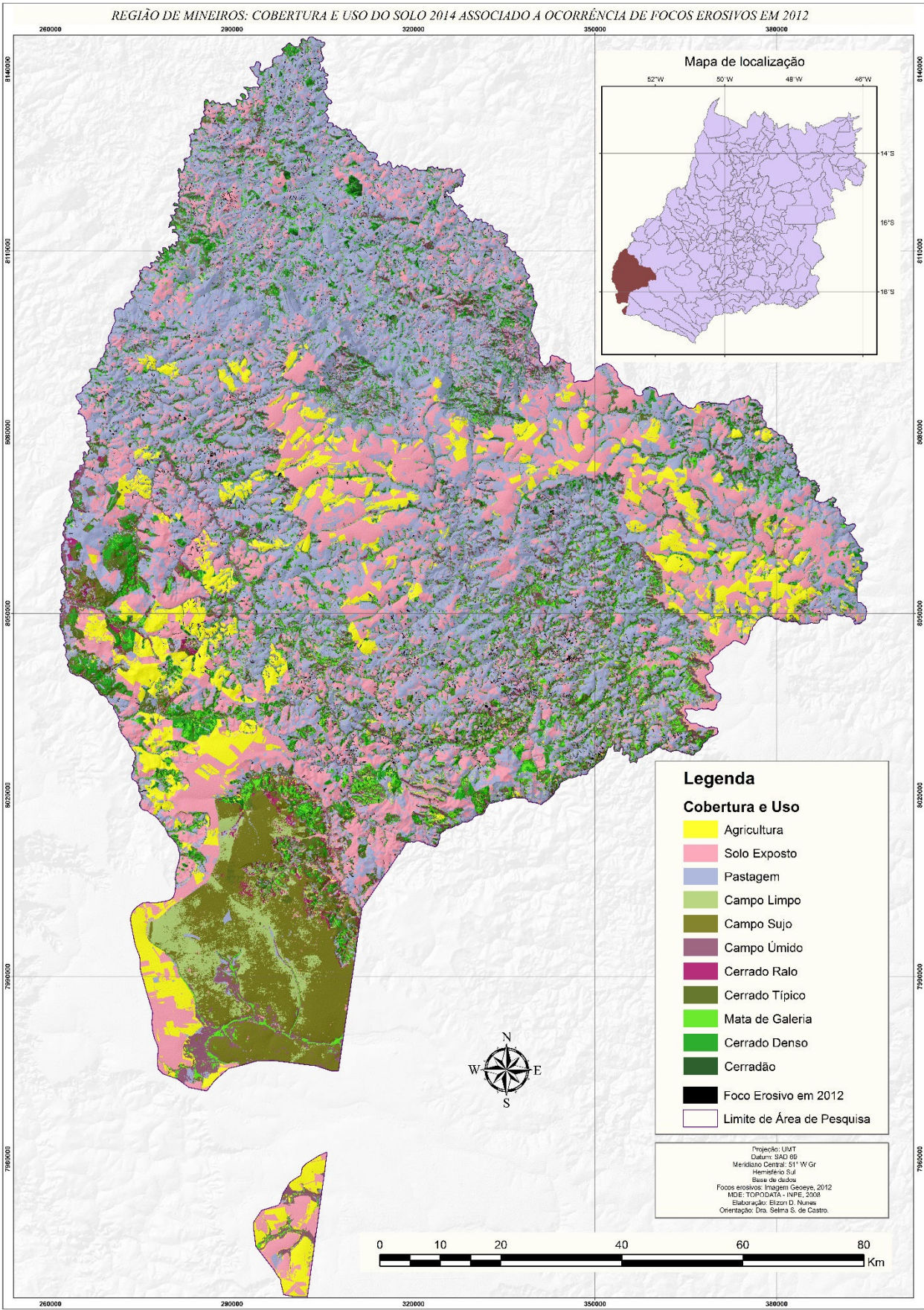
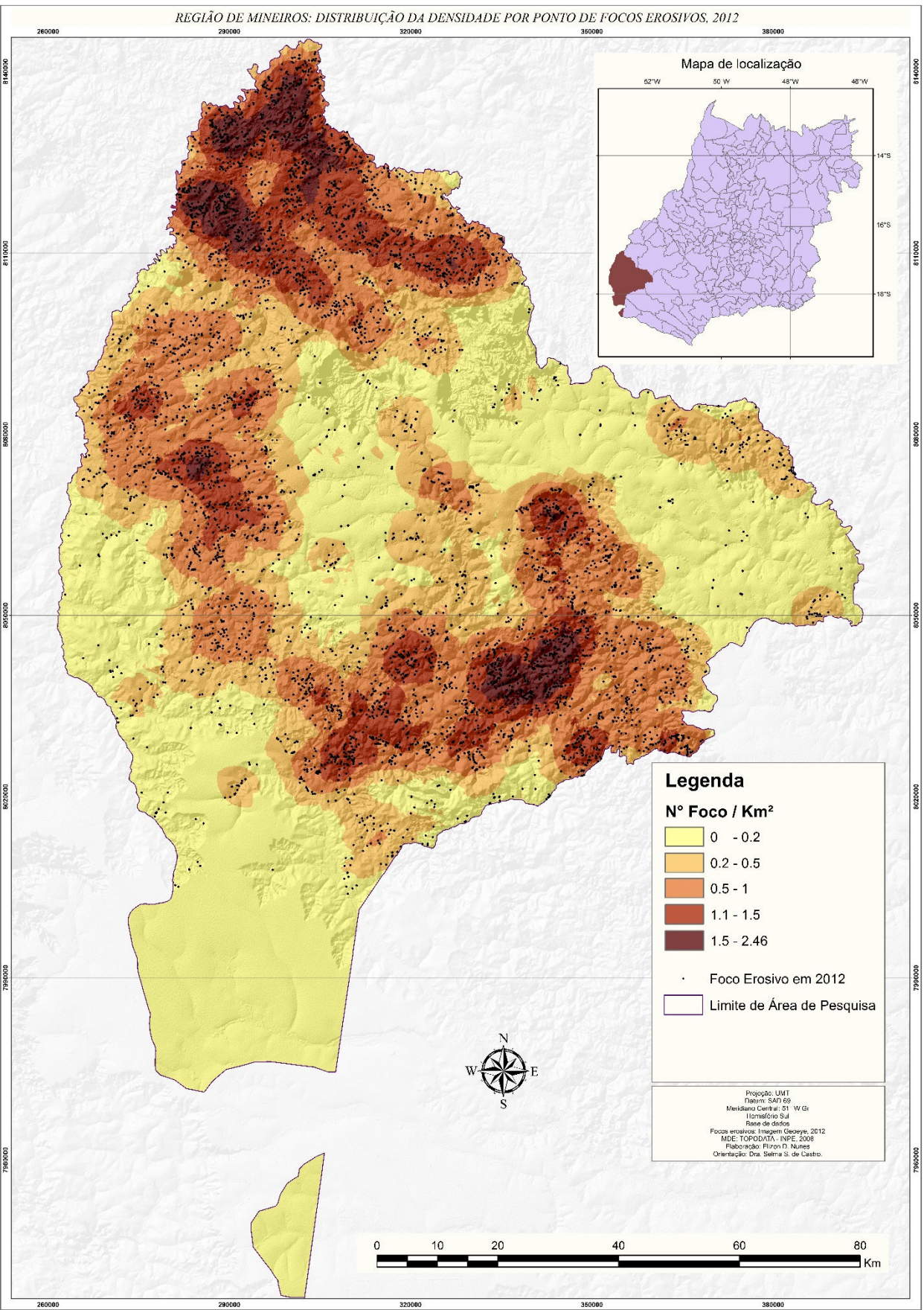


Figura 5.3.12: Mapa da distribuição da densidade em ponto dos focos erosivos.



Em síntese, a sequência de mapas que permitiram a abordagem dos condicionantes naturais e antrópicos dos processos erosivos em média escala por meio da compartimentação morfoedológica é um importante método por meio do qual é possível avaliar a paisagem quanto às suas potencialidades e limitações. Nesse sentido destaca-se:

- o CMP Sul com o predomínio de sedimentos areno-argilosos da Formação Cachoerinha ocorrendo quase que uniformemente é caracterizado por um extenso planalto proporcionando a ocorrência de Latossolos Vermelhos de textura variando de argilosa a muito argilosa. Estes ainda que entrecortados por pouco canais com a ocorrência de Gleissolo Háptico de textura argilosa permitiram identificar um compartimento que exibe uma forma e processos que resultam em um comportamento específico em face do processo de uso e ocupação.

- o CMP Centro-Leste, ainda que submetido ao uso por agricultura há mais de quatro décadas, ainda resiste à instalação e ao desenvolvimento de processos erosivos de grande porte; observação semelhante pode ser feita para o CMP Sul em virtude do mesmo ocorrer na mesma unidade geológica, desenvolvendo os mesmos tipos de solo e o mesmo padrão de relevo. Entretanto, boa parte desse compartimento encontra-se livre da compactação do solo e do desmatamento em seu interior e principalmente próximo das bordas conferindo ao mesmo maior estabilidade.

- o CMP de Escarpa a sucessão escalonada em várias formações geológicas, com diferentes resistências ao processo de intemperismo, permitiu um processo de erosão natural diferenciada. Isso proporcionou em um aspecto bem escarpado, influenciando a ocorrência de solos menos desenvolvidos, e portanto, sem grandes profundidades. Entretanto, em algumas partes desse CMP, em especial no encontro de uma formação com a outra, a deflagração de focos erosivos se mostra frequente, ainda que não possua tendência ao crescimento.

- o CMP Norte ainda que o mesmo tenha se desenvolvido sobre o grupo Aquidauana composto por arenitos vermelhos e siltitos, os quais por vezes são cortados por Diques e Soleiras de Diabásio, foi possível a delimitação de uma área com formas e processos e comportamento específico. Nesta, a erosão natural quase geral da área resultou em um

estágio avançado de dissecação com reflexos principalmente no rebaixamento da superfície. Entretanto, entre uma superfície erosiva e outra ocorrem vertentes nas quais o predomínio de Argissolo Vermelho de textura média com o uso por pastagens se tornou um problema comprovado pela ocorrência de um elevado número de processos erosivos.

- no que se refere aos arenitos eólicos da Formação Botucatu os mesmos resultaram na identificação de compartimentos semelhantes. Entretanto, a relação com o caimento topográfico e litológico indica ter sido determinante para a diferenciação dos mesmos. Para o CMP Oeste a drenagem dos rios principais no sentido contrário à orientação do planalto resultou em erosão menos acelerada e consequentemente na ocorrência Latossolo Vermelho de textura média seguido por Neossolo Quartzarênico Hidromórfico ao longo dos canais, que por sua vez possuem baixa capacidade de transporte de sedimentos. Entretanto, este compartimento ainda que não esteja sob avançado estágio de dissecação, exibindo ainda amplos interflúvios de bordas convexas e sob o uso por pastagens permite a deflagração e evolução de erosões da porção intermediária remontando os segmentos mais elevados.

- o CMP Sudeste por estar orientado no sentido do caimento topográfico e litológico encontra-se em estágio mais avançado de dissecação. Com isso, a superfície alcança os arenitos eólicos com o amplo predomínio de Neossolo Quartzarênico Órtico de textura média a arenosa que sob o uso por pastagens proporciona a ocorrência de focos inclusive de grandes dimensões.

Com isso, se faz importante destacar que um determinado compartimento embora resulte de uma estreita relação entre a geologia, a geomorfologia, os solos e responda de forma específica aos processos de uso, possui também ambientes que se diferenciam. Essa diferenciação ocorre principalmente na escala da vertente permitindo entender o que se denomina fisiologia da paisagem, nível de abordagem proposto sabiamente por AB' SABER (1968). Esse nível de abordagem será o próximo passo deste trabalho.

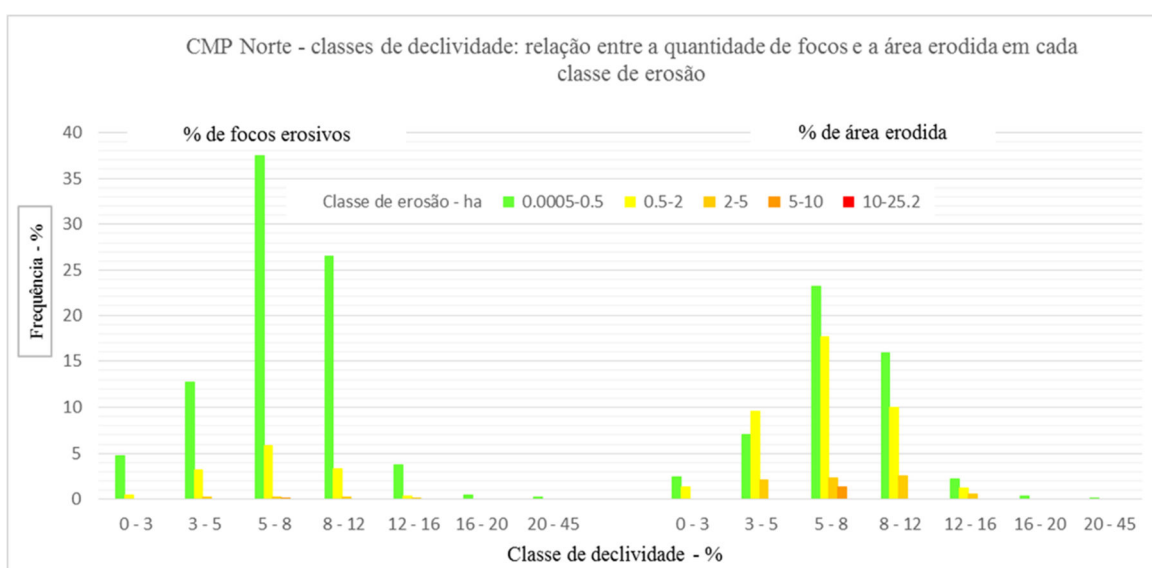
5.4 Parâmetros morfométricos e morfográficos e sua relação com os processos erosivos em cada compartimento

Nos tópicos anteriores foram abordadas as tendências de distribuição e concentração dos focos erosivos, bem como a área de contribuição erosiva em cada compartimento. No presente tópico será abordada a tendência de distribuição dos focos, bem como a área de contribuição em cada classe das variáveis selecionadas para avaliar a ocorrência de erosões. Nesse sentido, os três compartimentos mais afetados, tanto em número de focos, quanto em área de contribuição erosiva, serão avaliados em correlação com as classes de declividade, comprimento de fluxo, curvatura das vertentes, tipos de solo e o impacto causado ou não pelos diversos tipos de uso do solo.

5.4.1 Compartimento Morfopedológico Norte

No CMP Norte observa-se uma tendência de aumento da ocorrência de focos erosivos da ordem de 0.0005 a 0.5 e de 0.5 a 2 ha nas classes de declive de 0 a 3, de 3 a 5 e de 5 a 8 principalmente, tendendo para uma redução na classe de 8 a 12%, conforme observado na Figura 5.4.1.1. No que se refere a distribuição da área de contribuição erosiva a mesma possui distribuição semelhante ao número de focos, se concentrando na classe de 5 a 8%, sendo que a participação de focos de 2 a 5 e de 5 a 10 ha se mostra determinante para que essa classe de declive responda mais pela área erodida.

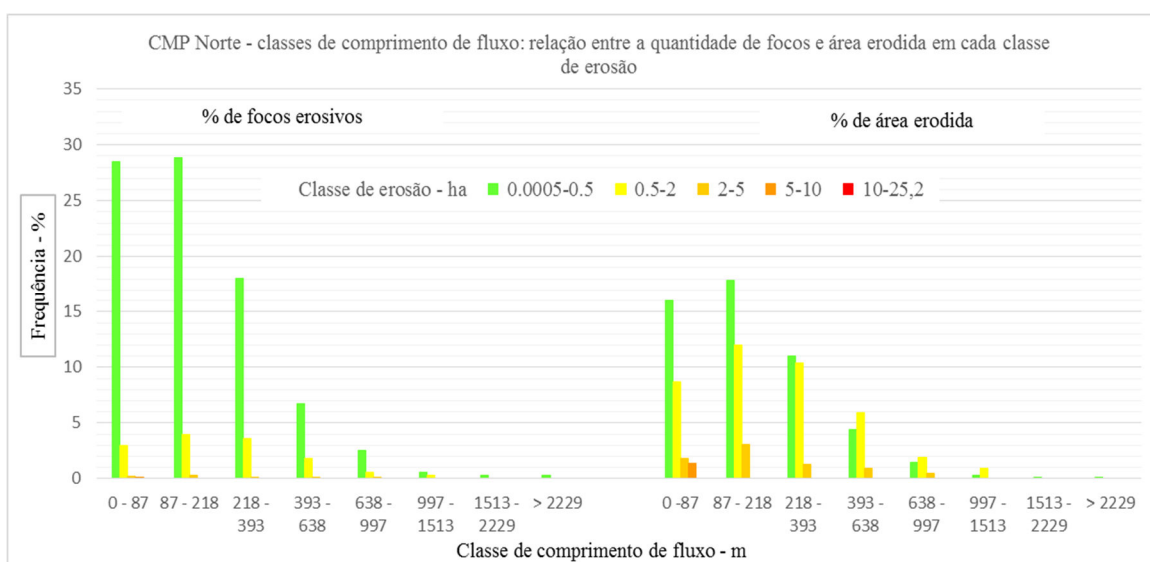
Figura 5.4.1.1: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável declividade do CMP Norte.



Sabendo que nesse compartimento o tamanho dos focos costuma ser de até 2 ha, o que se entende é a influência do aumento da declividade de até aproximadamente 8% na ocorrência de focos da ordem de até 5 ha, o que se reflete na área de contribuição erosiva.

Em relação a variável comprimento de fluxo observa-se que a maior parte dos focos ocorre em distâncias de até 393 metros dos interflúvios, não havendo tendência de aumento a partir da primeira classe dessa variável, conforme observado na Figura 5.4.1.2. Acerca da área de contribuição erosiva, a mesma tende a acompanhar a distribuição dos focos, com um de 10 ha contribuindo em comprimentos de 0 a 87, de até 5 ha contribuindo mais em comprimentos de até 218, e de até 2 ha contribuindo mais em até 638 metros.

Figura 5.4.1.2: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável comprimento de fluxo do CMP Norte.

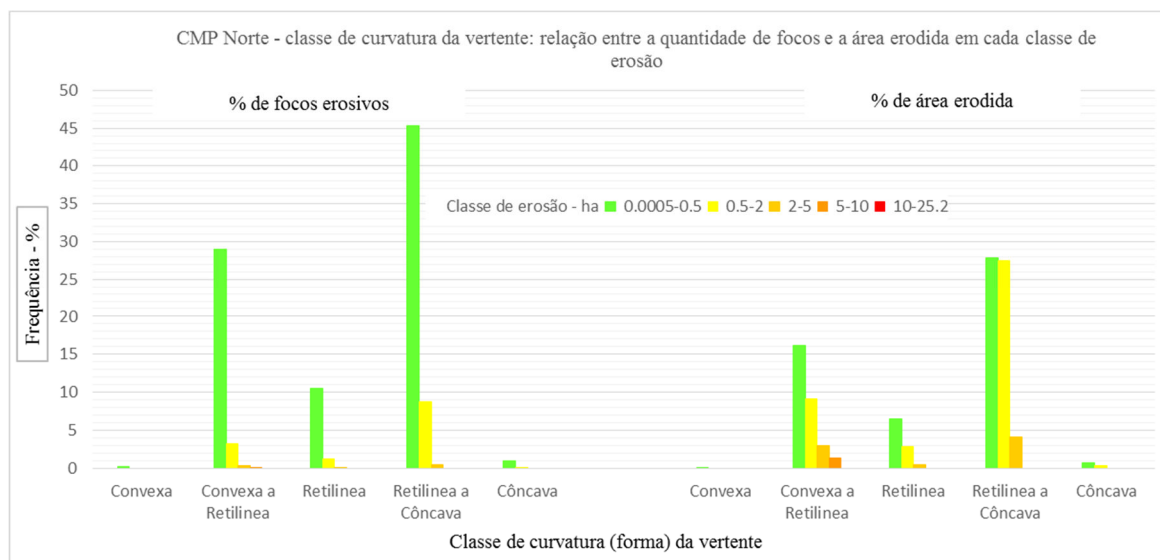


Da associação das variáveis declividade e comprimento de fluxo o que se entende é que parte, tanto dos focos - especialmente aqueles de maior porte -, quanto das áreas de contribuição erosiva, ocorre nas bordas dos interflúvios, distando em média 218 metros do topo, e em declives de até 12%. Outra parte maior, mas composta por focos menores, ocorre a partir de 87, em ritmo decrescente, até 638 metros.

Tal afirmação pode ser comprovada quando se observa a distribuição dos focos, especialmente aqueles de maior porte, bem como da área de contribuição erosiva nas classes de curvatura das vertentes (Figura 5.4.1.3). Por meio desta é possível perceber que

boa parte dos focos, inclusive aquele de até 10 ha, ocorre nos segmentos com a forma variando de convexa a retilínea que é típica de borda de interflúvio. A outra e maior parte, que abrange focos menores do que 5 ha, ocorre nos segmentos com forma variando de retilínea a côncava que é típica da porção média ao final das vertentes.

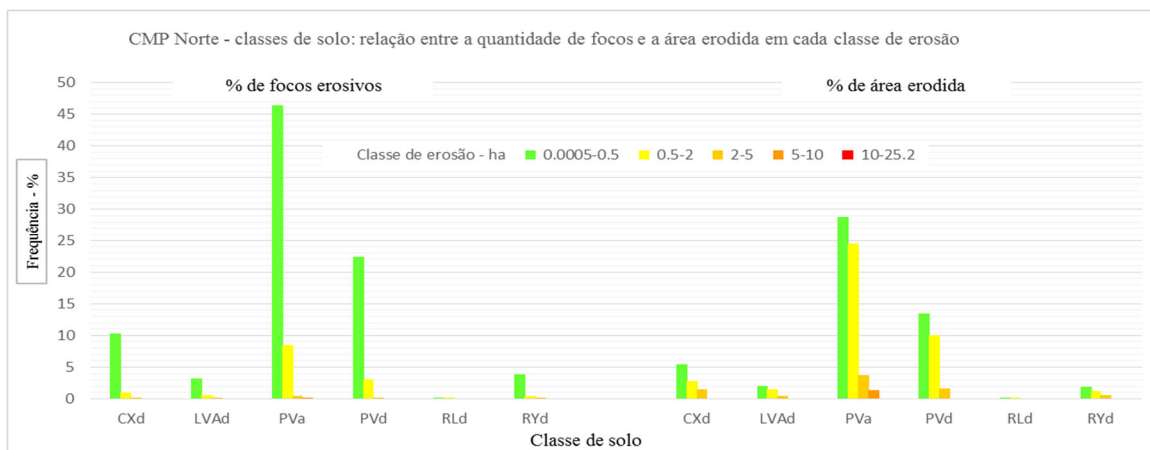
Figura 5.4.1.3: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável curvatura da vertente do CMP Norte.



Do exposto, entende-se que os focos de maior porte tendem a se localizar nas bordas de interflúvios com declividade em torno de 8% e comprimentos de fluxo entorno de 87 metros e de forma convexa a retilínea. Entretanto, a elevada ocorrência de focos menores da ordem de até 2 ha em declives de 5 a 12%, comprimentos de fluxos variando de 87 a 393 metros e em segmentos variando de retilíneo a côncavo faz com que os mesmos respondam pela maior parte da área de contribuição erosiva.

No que se refere a relação da distribuição dos maiores focos, bem como da área de contribuição erosiva nas classes de solo desse CMP, percebe que grande parte dos focos, bem como grande parte da área de contribuição erosiva ocorre em áreas de Argissolo Vermelho álico e Argissolo Vermelho distrófico, ambos de textura média. Já os menores focos tendem a ocorrer nas áreas como predomínio de Cambissolo Háplico, conforme ilustrado na Figura 5.4.1.4.

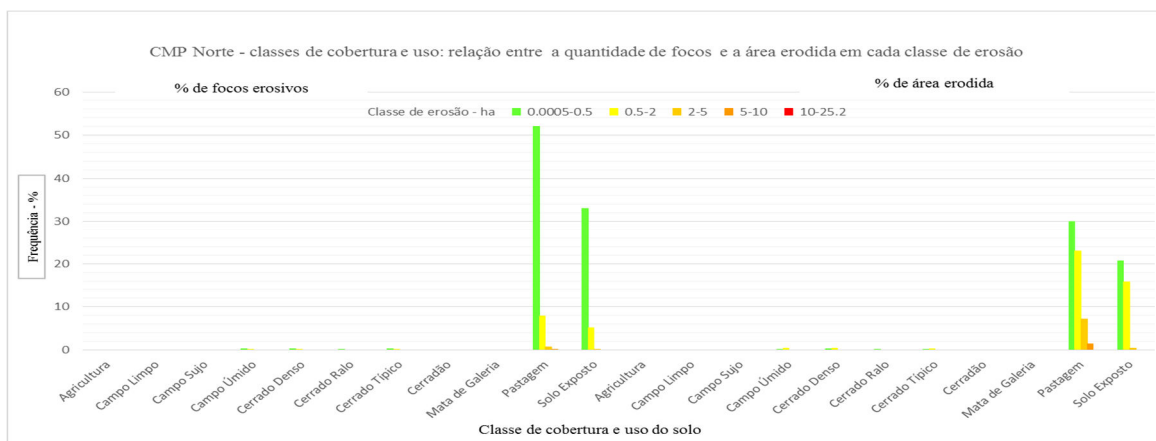
Figura 5.4.1.4: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, nas classes de solo do CMP Norte.



Destaca-se que para o CMP Norte os Argissolos ocorrem principalmente das bordas dos interflúvios para as médias vertentes. A partir destas transicionam para áreas com o predomínio de Cambissolo Háplico de textura média e em declives mais elevados e de curvatura retilínea com a ocorrência de focos de até 0.5 ha. Pode transicionar também para áreas com declives maiores que 45% com a ocorrência de Neossolo Litólico nos quais se observa poucos e pequenos focos erosivos.

No que se refere a relação entre a ocorrência de focos erosivos e as classes de uso do solo a Figura 5.4.1.5 demonstra que a questão do Solo Exposto e, principalmente, o uso por Pastagens sem manejo adequado são determinantes na ocorrência de um elevado número de focos, bem como numa elevada área de contribuição erosiva. Nas áreas onde ainda ocorre a cobertura vegetal o que se observa é a quase ausência de feições erosivas.

Figura 5.4.1.5: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável cobertura e uso do solo do CMP Norte.

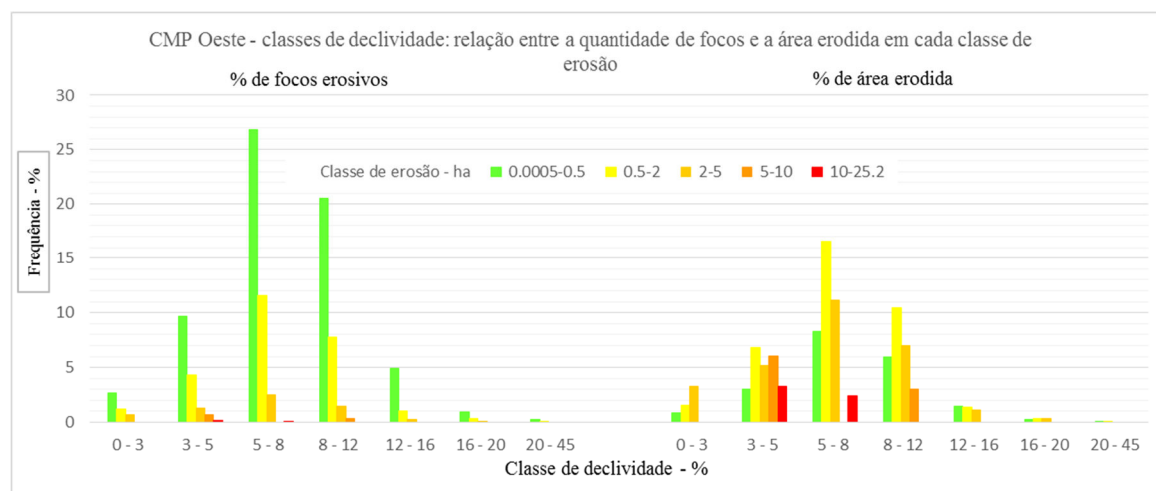


Para o CMP Norte, considerando a análise dos parâmetros morfométricos e morfográficos associados às classes de solo e sob influência das formas de cobertura e uso, pode-se afirmar que a condição de Solo Exposto e, principalmente, o uso por Pastagens foram determinantes para a ocorrência de um elevado número de focos e área de contribuição erosiva. Essa potencialização se deu principalmente nas bordas dos interflúvios, distando em torno de 218 metros, com declividades de até 12%, forma variando de convexa a retilínea, com o predomínio de Argissolo Vermelho distrófico de textura média para focos de até 10 ha. Para os focos de até 5 ha, que são maioria para este CMP, a potencialização se deu em segmentos médios e já baixos das vertentes, distando até 638 metros, com declividade em torno de 8%, forma já variando de retilínea a côncava, em áreas de Argissolo Vermelho álico de textura média, sendo que a elevada quantidade de focos ainda que de menor porte resultou em uma igualmente elevada área de contribuição erosiva.

5.4.2 Compartimento Morfopedológico Oeste

No CMP Oeste observa-se uma tendência de aumento da ocorrência de focos erosivos da menor até a classe de 5 ha nas classes de declive de 0 a 3, de 3 a 5 e de 5 a 8 principalmente, tendendo também para uma redução na classe de 8 a 12%, conforme observado na Figura 5.4.2.1.

Figura 5.4.2.1: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável declividade do CMP Oeste.

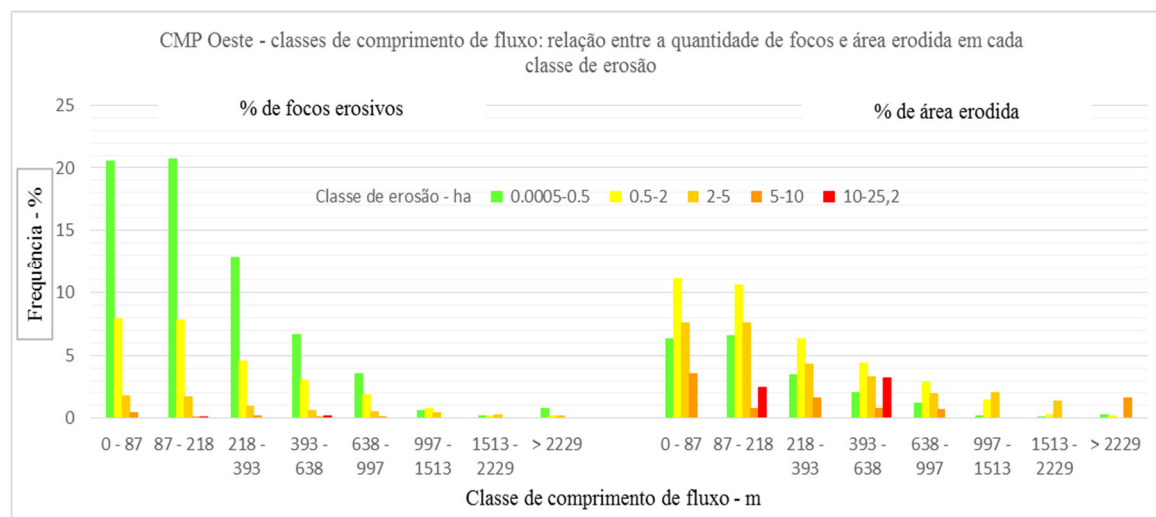


Para esse CMP os maiores focos, que podem alcançar até 25 ha, ocorrem em declives de 3 a 8%, ao passo que aqueles menores que 2 ha ocorrem em declives de até

12%. No que se refere a distribuição da área de contribuição erosiva nas classes de declividade, a mesma possui distribuição semelhante ao número de focos, com aqueles da ordem de 0.5 até 5 ha contribuindo mais e se concentrando na classe de 5 a 8%. No entanto, pode-se notar também a ocorrência de focos maiores, da ordem de até 10 ha, impactando mais nas classes de 3 a 5%. Se comparando ao CMP Norte o que se observa para o CMP Oeste, além do maior tamanho das erosões, é a predominância destas em declividades menores que 8%, especialmente na classe de 3 a 5%, proporcionando igualmente uma considerável área de contribuição erosiva em terrenos poucos dissecados.

Da relação entre a ocorrência de focos erosivos com as classes de comprimento de fluxo observa-se a predominância de focos da ordem de até 2 ha em distâncias de até 393 metros. Entretanto, destaca-se a considerável área de contribuição erosiva proporcionada pelos, ainda que em menor proporção, focos que variam da ordem de 2 a 5, de 5 a 10 e de 10 a 25 ha em classes de comprimentos de fluxos que alcançam até 638 metros, conforme ilustrado na Figura 5.4.2.2. Disso deduz-se que, embora os pequenos focos sejam maioria e localizados em vertentes de até 218 metros, os de médio e grande porte em número bem reduzido, proporcionam uma área de contribuição erosiva igual ou até mesmo maior, quando se trata de vertentes de até 638 metros.

Figura 5.4.2.2: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável comprimento de fluxo do CMP Oeste.

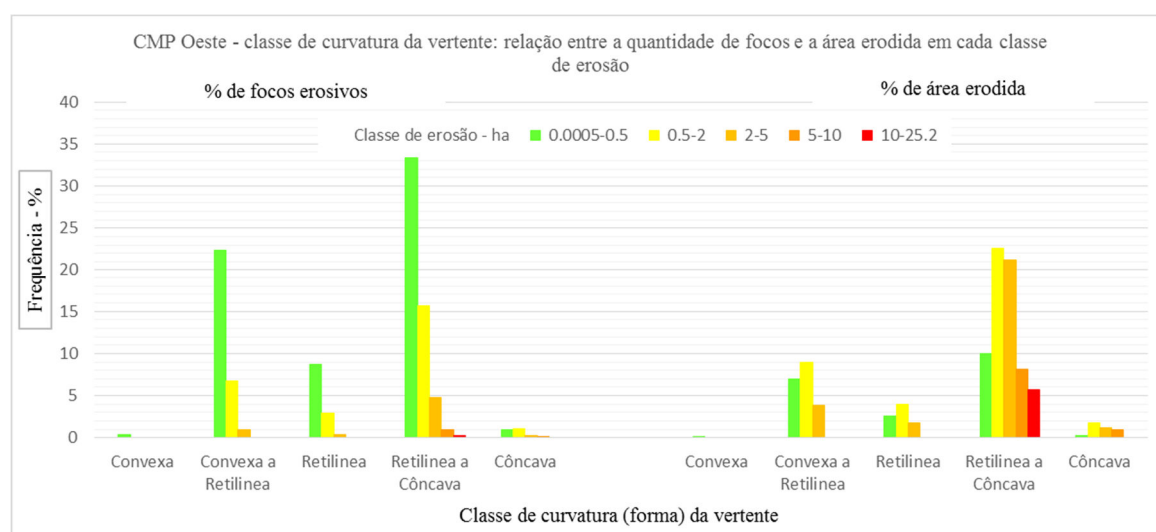


Da associação entre as variáveis declividade e comprimento de fluxo entende-se que para o CMP Oeste as feições erosivas, especialmente as maiores, tendem a remontar das

porções mais baixas até as mais elevadas, proporcionando inclusive considerável área de contribuição erosiva, mas que em declives ainda pouco acentuados. Tal entendimento é compatível com a ocorrência de vertentes amplas em processo de recuo e consequente concavização.

Da correlação entre a ocorrência de focos erosivos e a curvatura das vertentes observa-se que menos de 30% dos focos, sendo a grande maioria menor do que 2 ha, bem como da área de contribuição erosiva, ocorrem nos segmentos que variam de convexos a retilíneos, como pode ser observado na Figura 5.4.2.3. Sabendo que essa forma da vertente é típica de borda de interflúvio, para o CMP Oeste ela predomina até aproximadamente 87 metros, com declividade variando de 0 a 3% e, conseqüentemente, a ocorrência de focos em sua maioria de menor porte.

Figura 5.4.2.3: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável curvatura da vertente do CMP Oeste.



Já quando se observa a relação dos focos e áreas de contribuição erosiva com a forma variando de retilínea a côncava é notável a influência que essa forma da vertente exerce na deflagração e evolução dos focos. Para os focos da ordem de 0.0005 a 0.5 e de 0.5 a 2 ha percebe-se que eles são maioria. Entretanto, os focos que variam de 2 a 5 e principalmente de 5 a 10 e de 10 a 25 ha, embora ocorram em notável minoria proporcionam elevada área de contribuição erosiva. Nesse sentido destaca-se que o processo de concavização das vertentes que avançam até as porções mais elevadas é um forte indicador da ocorrência de focos, especialmente de grande porte no CMP Oeste.

O entendimento que se tem é que nesse setor da vertente, em baixas declividades, distando entre 87 e 638 metros e com a forma já côncava as erosões tendem ao crescimento remontante, proporcionando assim considerável área de contribuição ou ainda impactada pela ação erosiva. São em geral ambientes em que o solo possui considerável profundidade, o que permite o crescimento das feições erosivas.

Da relação entre a ocorrência de focos erosivos e as classes de solo percebe-se que grande parte das feições, especialmente aquelas da ordem de até 2 ha, e respectivas áreas de contribuição erosiva, ocorrem em ambientes com o predomínio de Latossolo Vermelho de textura média, conforme ilustrado na Figura 5.4.2.4. Em geral são os solos que predominam nesse CMP, especialmente das médias até as porções mais elevadas das vertentes, que como destacado são de baixa declividade. No que se refere a área de contribuição erosiva percebe-se também o considerável impacto causado pelos poucos focos da ordem de 2 a 5 e, principalmente, de 5 a 25 ha.

Figura 5.4.2.4: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável solo do CMP Oeste.

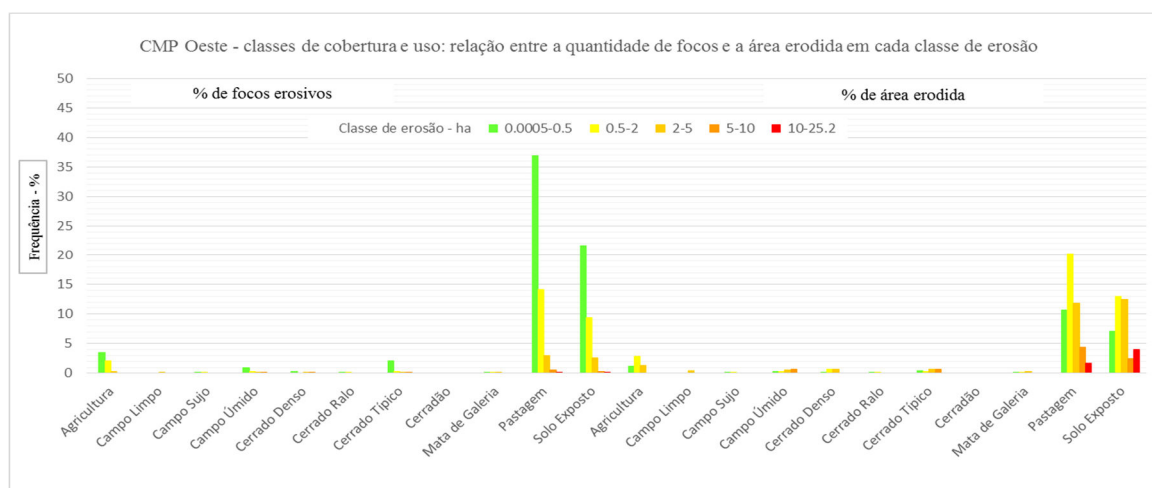


Ainda em relação a ocorrência de focos é importante destacar o comportamento de desses em áreas de Neossolos Quartzarênicos de textura arenosa. Das situações analisadas até então é a única classe de solo em que a área de contribuição erosiva proporcionada pelos poucos focos da ordem de 0.5 a 2 e principalmente de 5 a 10 ha ultrapassa a área de contribuição erosiva proporcionada pelo elevado número de focos da ordem de 0.0005 a 0.5 ha. Com isso, constata-se a forte tendência de crescimento de focos e

consequentemente maior proporção de área de contribuição erosiva nesse tipo de solo. Com solos desse comportamento o resultado pode ser um estágio de degradação mais avançado quando da ocupação por pastagens ou ainda na condição de Solo Exposto.

Da relação entre a ocorrência de focos e as classes de cobertura e uso do solo observa-se que, semelhante ao que acontece no CMP Norte, a exposição do solo aos agentes erosivos, uma decorrência do uso principalmente por pastagens, foi determinante para a ocorrência das feições erosivas, conforme ilustrado na Figura 5.4.2.5.

Figura 5.4.2.5: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável cobertura e uso do solo do CMP Oeste.

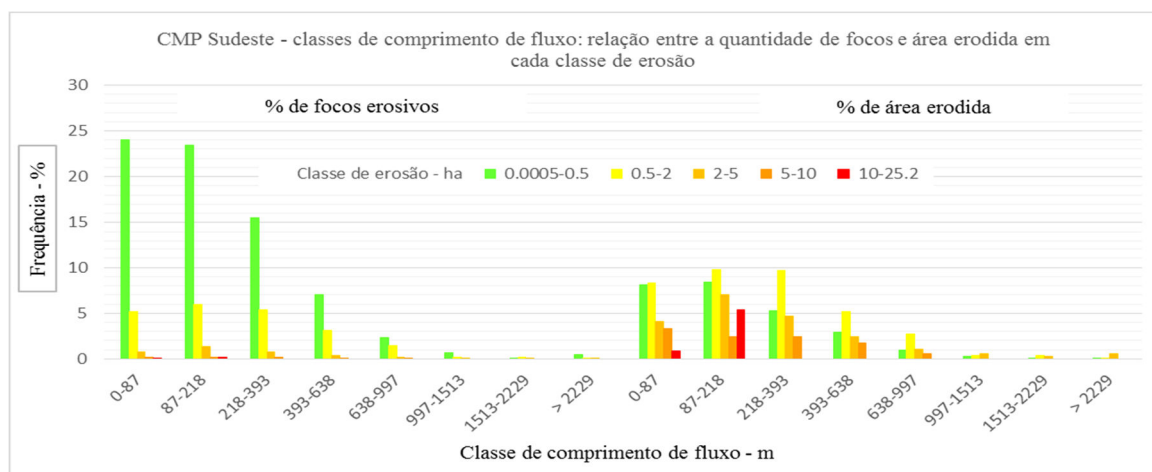


Entretanto, diferente do que ocorre no CMP Norte, para o CMP Oeste a área de contribuição erosiva proporcionada pelos focos de maior ordem se distribui mais na classe de Solo Exposto. Trata-se de um forte indício do elevado estágio de degradação dessas áreas, uma vez que se constata a menor presença até mesmo de pastagem nesses ambientes.

Para o CMP Oeste, considerando a análise dos parâmetros morfométricos e morfográficos associados às classes de solo e sob influência das diferentes formas de cobertura e uso, pode-se afirmar que a condição de solo exposto foi determinante para a ocorrência de um elevado número de focos, incluindo a maioria daqueles de grande porte. Já o uso por pastagens influenciou mais na ocorrência de focos de pequeno a médio porte, mas com uma área de contribuição erosiva um pouco maior. Essa potencialização se deu desde as bordas dos interflúvios, distando em torno de 87 metros, mas também nos

Da ocorrência de focos erosivos e sua relação com os comprimentos de fluxos é possível perceber uma elevada ocorrência de focos até a distância de 638 metros. Entretanto, em termos de distribuição, especialmente daqueles de grande porte, os mesmos se localizam em comprimentos de até 218 metros, proporcionando uma considerável área de contribuição erosiva, conforme ilustrado na Figura 5.4.3.2.

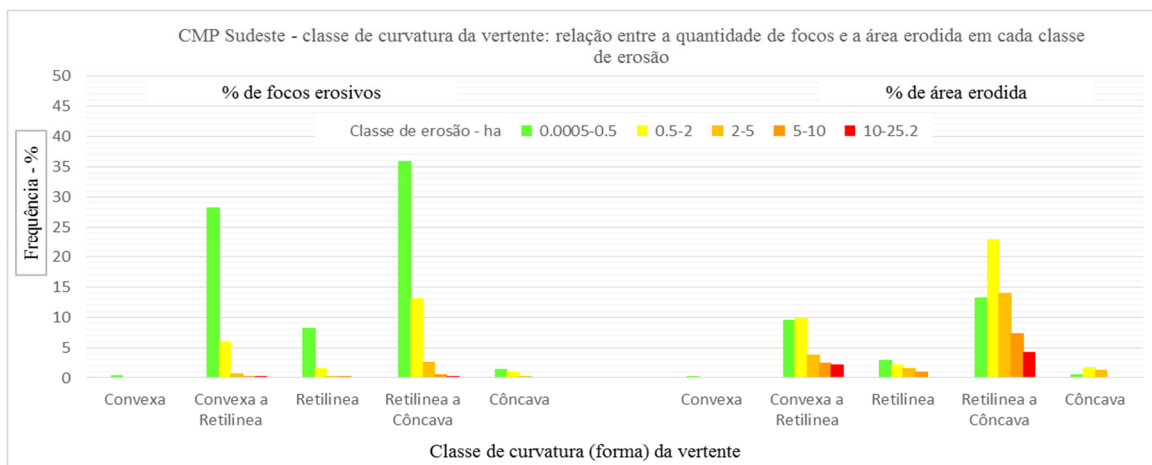
Figura 5.4.3.2: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável comprimento de fluxo do CMP Sudeste.



Essa relação comprova o efeito da maior dissecação do relevo sob solos espessos na deflagração e evolução dos focos erosivos e que remontam desde as médias vertentes até as bordas dos interflúvios já com declives de até 12%. Com isso, entende-se que trata-se de um compartimento muito ativo do ponto de vista erosivo. Isso devido ao elevado número de focos em áreas de declividade mais elevada e a tendência dos mesmos remontarem as porções mais elevadas dos interflúvios em focos da ordem de até 25 ha.

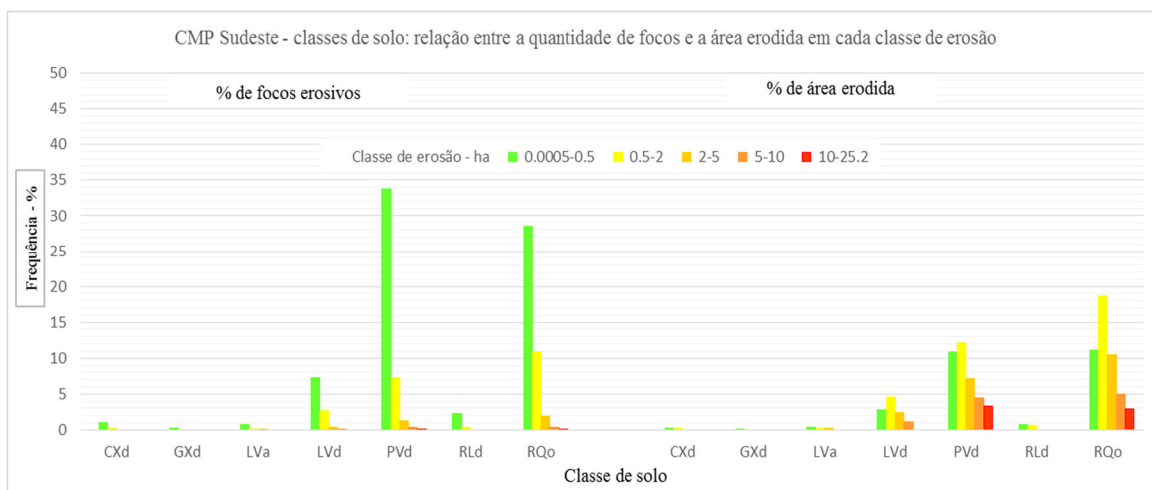
O efeito do aumento das declividades mais elevadas rumo ao topo dos interflúvios pode ser percebido na distribuição dos focos nas formas das vertentes, conforme ilustrado na Figura 5.4.3.3. O processo de dissecação do relevo ao mesmo tempo em que promove o estreitamento dos interflúvios proporciona a concavização das vertentes, fazendo com que as declividades mais acentuadas se aproximem do topo. Para esse CMP de solos mais profundos esse efeito permite a ocorrência de um grande número de focos nos segmentos convexo-retilíneo, mas principalmente nos segmentos retilíneos-côncavos. Essa maior distribuição erosiva nos segmentos mais concavizados deve-se a instalação dos focos inicialmente nas porções mais rebaixadas e posterior evolução dos mesmos para as porções mais elevadas e de menor comprimento de fluxo.

Figura 5.4.3.3: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, na variável curvatura da vertente do CMP Sudeste.



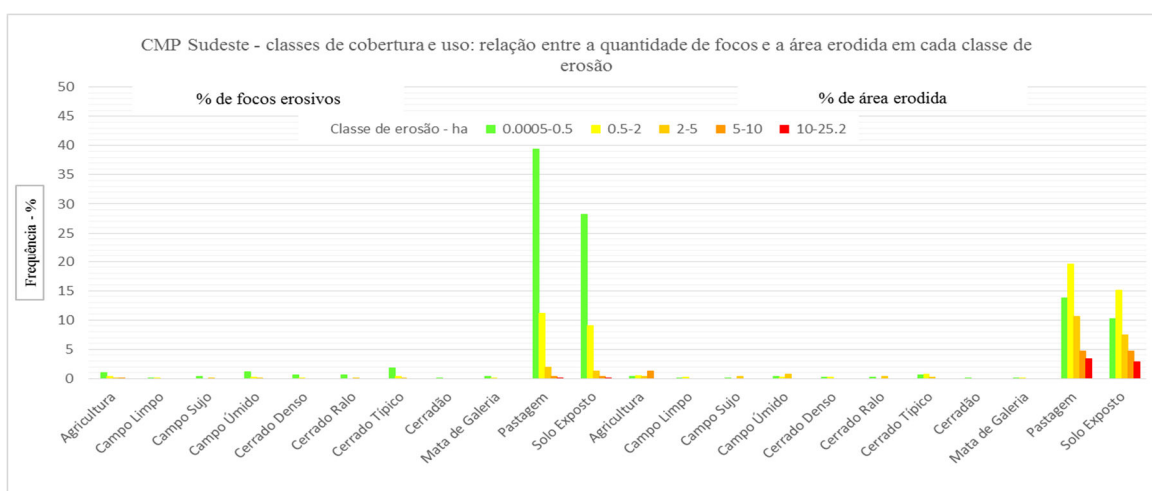
Em relação as classes de solo, observa-se que o Argissolo Vermelho distrófico de textura média e o Neossolo Quartzarênico de textura arenosa concentram a quase totalidade dos focos, em especial aqueles de até 25 ha, conforme ilustrado na Figura 5.4.3.4. Destaca-se que esses solos, especialmente, quando em superfícies de até 12% constituem um sério problema quando não bem manejados. Isso devido ao baixo teor de argila e consequentemente a baixa coesão entre os grãos, o que facilita a desagregação e o transporte. Com isso o pisoteio do gado mesmo em declividades baixas pode promover a desagregação e o movimento da fração areia. Esse processo ao encontrar declividades crescentes e a predominância desse tipo de solo permite a evolução dos pequenos ravinamentos para grandes voçorocas.

Figura 5.4.3.4: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, nas classes de solo do CMP Sudeste.



Acerca da influência das condições da cobertura e do uso do solo nos impactos erosivos percebe-se que o Solo Exposto e o uso por Pastagem, a exemplo dos outros compartimentos, continua a influenciar a ocorrência de feições erosivas, conforme ilustrado na Figura 5.4.3.5. O uso por Pastagem acontece sobretudo em áreas com o predomínio de Argissolo Vermelho de textura média, ao passo que o Solo Exposto em um estágio mais avançado de degradação predomina em áreas de Neossolo Quartzarênico de textura arenosa em que a alta refletância se faz presente em boa parte do ano.

Figura 5.4.3.5: Relação entre a quantidade de focos e a área erodida, em classes de erosão, nas classes de cobertura e uso do solo do CMP Sudeste.



Em síntese pode-se afirmar que o CMP Sudeste encontra-se em um estágio mais avançado de dissecação, com a erosão natural deixando o topo dos interflúvios menos extensos e a concavização se aproximando das bordas em declives mais acentuados. Encontra-se também em um estágio mais avançado de degradação, com elevada ocorrência de focos da ordem de 0.0005 a 0.5 ha, proporcionando considerável área de contribuição erosiva e, principalmente, focos da ordem de 0.5 a 10, sendo que alguns chegam até 25 ha. Estes, embora em menor número, promovem maior área de contribuição erosiva que todos os demais. Esse impacto tende a se estender desde as bordas dos interflúvios em distâncias de até 87 metros e declives já acentuados e de forma convexa a retilínea, tendendo a aumentar para distâncias de em média 218 metros em declives igualmente mais acentuados, já concavizados onde se localiza a maior parte dos focos de grande porte. A condição de solo exposto e o uso por pastagens em solo de textura média ou solos de textura arenosa se mostrou determinante para o elevado estágio de degradação que se encontra boa parte desse compartimento.

5.5 Sistemas pedológicos e comportamento face aos processos erosivos

5.5.1 Sistema pedológico do CMP Norte

Tendo como referência os trabalhos realizados por Oliveira et al., (1986), Oliveira et al., (2010), os quais para o presente trabalho foram interpretados e refinados com base em variáveis morfométricas e morfográficas derivadas do MDE com resolução espacial de 30 metros, o sistema pedológico representativo do CMP Norte ocorre em sua maior parte sobre porções mais elevadas sustentada por arenitos vermelhos e siltitos pertencentes ao grupo Aquidauana. Outra parte ocorre já próximo aos principais canais de drenagem sobre areias, argilas e cascalhos pertencentes aos Aluviões. Dessa forma, partindo de altitudes médias de 544 metros em declives de até 8% e vertentes exibindo formas de convexa a retilínea tem-se a ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média. Seguindo e agora em altitudes variando de 498 a 455 metros, agora em declives variando de 8 a 16% em vertentes de forma convexa tem-se a ocorrência de Argissolo Vermelho alítico de textura média ou por vezes Argissolo Vermelho distrófico de textura média a arenosa. Seguindo de 455 a 413 metros, com declives de no máximo 3% e curvatura variando de retilínea a côncava tem-se a ocorrência de Neossolo Flúvico distrófico de textura média. O amplo predomínio desses solos acompanhando os principais canais de drenagem em amplas faixas que podem chegar até 1680 metros se deve ao baixo gradiente altimétrico predominante especialmente nas porções mais rebaixadas desse CMP. Se deve também a textura variando de média a arenosa dos solos predominantes nas porções mais elevadas das vertentes e que garantem a produção dos sedimentos constituintes. No que se refere à ocorrência de focos erosivos, os mesmos ocorrem em sua maior parte sobre a classe dos Argissolos Vermelhos de textura média a arenosa nas porções intermediárias das vertentes com declividades variando de 8 a 16%. Por vezes, e no caso de focos maiores, remontam até a área com o predomínio do Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média ocorrente até a borda dos interflúvios e com declividades de até 8%.

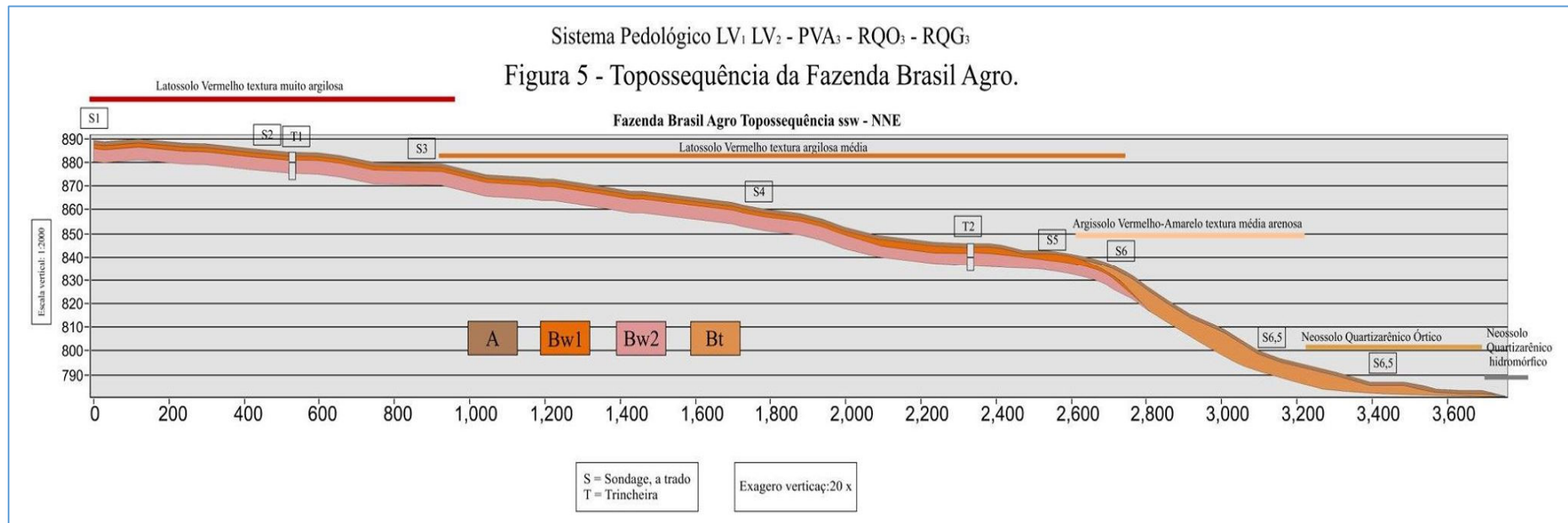
5.5.2 Sistema pedológico do CMP Oeste

Antes de entrar de forma mais detalhada no sistema pedológico característico desse compartimento é importante ressaltar que no mesmo outros solos podem ocorrer, além daqueles que predominam. No entanto, permanece uma tendência geral da sucessão de solos ao longo da vertente sempre terminar em Neossolo Quartzarênico Hidromórfico de textura média ou Gleissolo Háptico de textura argilosa. Nesse sentido destaca-se também, por vezes, a ocorrência de Latossolo Vermelho distrófico de textura média nos topos mais

elevados e Latossolo Vermelho-Amarelo também distrófico e de textura média em superfícies mais rebaixadas. A partir de então os mesmos podem ser sucedidos por Latossolo Vermelho álico de textura média em declives que variam de 5 a 8%, ou por Neossolo Quartzarênico Órtico de textura arenosa em declives que podem chegar até 12%. Nesse sentido uma das topossequências representativa desse CMP começa em uma superfície com Latossolo Vermelho de textura média a argilosa. A outra pelo fato de ter sido levantada em uma posição mais rebaixada na topografia por questões de distância a ser analisa por meio da abertura de trincheiras e tradagens, já começa em uma área com o predomínio de Neossolo Quartzarênico Órtico.

Um dos sistemas pedológicos representativos do CMP Oeste tem início já na transição dos sedimentos areno-argilosos da Formação Cachoeirinha, que pela erosão recuante vão deixando expostos os arenitos eólicos da Formação Botucatu, conferindo maior dissecação e maior erodibilidade aos solos. A topossequência representativa deste CMP parte de altitudes de 881 metros com declividades de até 5%, de forma retilínea e já sob o efeito do aumento da velocidade de fluxo que começa nas porções mais elevadas. Estas encontram-se em processo de compactação devido ao maquinário utilizado na agricultura. Nesse segmento predomina o Latossolo Vermelho com horizonte A variando de 0 a 20 cm, de coloração vermelha escura, textura argilosa a média, horizonte Bw1 variando de 20 a 80 cm com coloração já mais avermelhada e textura argilosa a média. Nessa classe de solo ainda ocorre o Bw2 de profundidade maior que 80 cm, com coloração vermelha e textura argilosa. Já na altitude de 842 metros e em declividades variando de 8 a 16% essa classe de solo é sucedida pelo Argissolo Vermelho-Amarelo de horizonte A variando de 0 a 40 cm, com coloração avermelhada e textura areno-argilosa. Em seguida ocorre o horizonte Bt variando de 40 e podendo chegar a 160 cm, com coloração vermelho- amarelo e textura média a argilosa. Nas porções mais rebaixadas e em declives variando de 5 a 12% ocorre o Neossolo Quartzarênico com horizonte A variando de 0 a 20 cm, de coloração escura amarelada e textura média. A partir dessa profundidade a coloração tende a ser mais amarelada e a textura continuando média. Já nos segmentos mais rebaixados, com declividade variando de 0 a 3% e envolvendo canais de baixo gradiente ocorre o Neossolo Quartzarênico Hidromórfico de coloração acinzentada e textura areno-argilosa. A sucessão lateral dos solos representativos desse compartimento é apresentada na Figura 5.5.2.1.

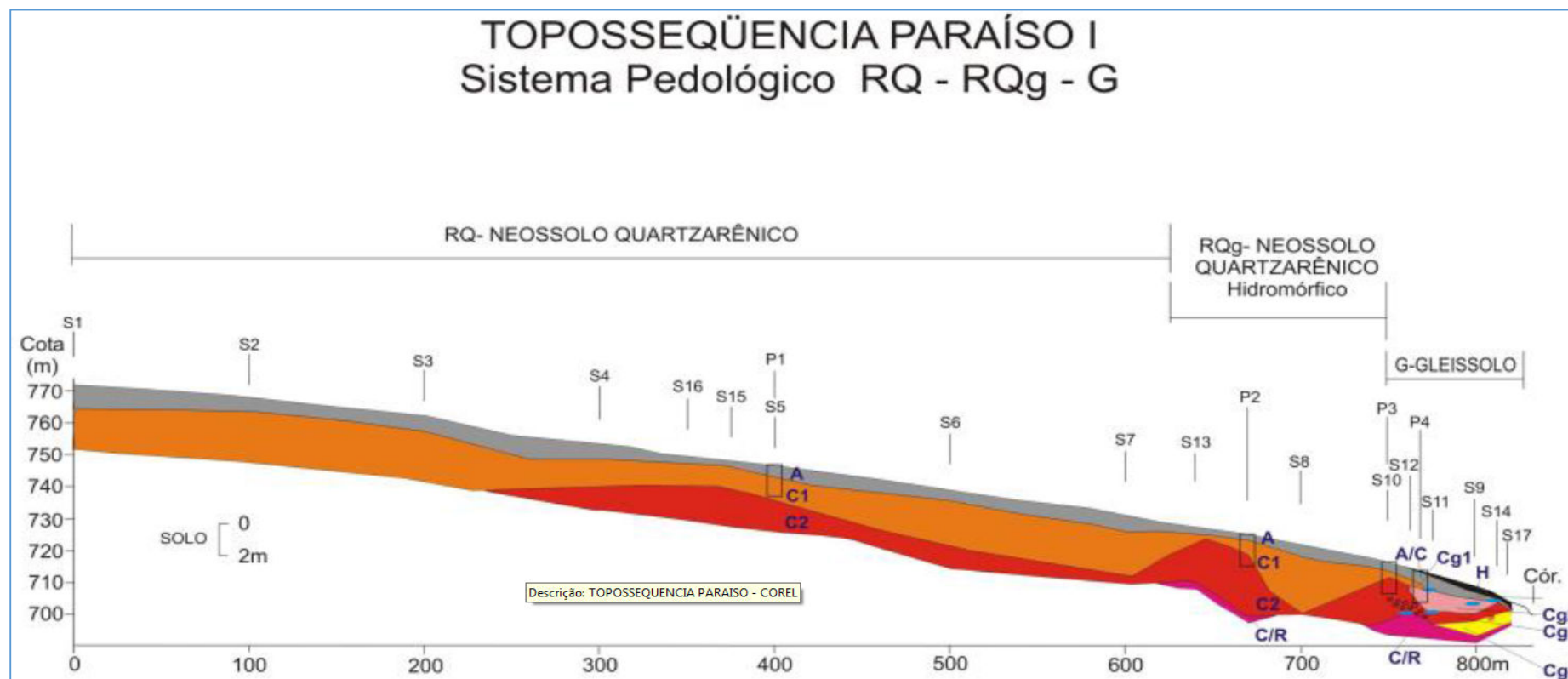
Figura 5.5.2.1: Sistema pedológico representativo do compartimento morfopedológico Oeste.



O outro sistema pedológico representativo do CMP Oeste ocorre, uma parte, sobre arenitos eólicos da Formação Botucatu e outra sobre areias, argilas e cascalhos dos Aluviões, ambos pertencentes a Bacia Sedimentar do Paraná. A topossequência representativa do mesmo, parte de altitudes de 772 metros no ponto mais elevado do interflúvio, com declividades de até 3%, de modo crescente e, portanto com tendência ao aumento da velocidade de escoamento superficial devido a forma convexa, com a ocorrência de Neossolo Quartzarênico Órtico de textura arenosa fina, poroso, friável e coloração acinzentada no horizonte A, tendendo a bruno amarelado no horizonte C1. Essa classe de solo segue em declividade constante até aproximadamente 600 metros ao longo dos quais o horizonte C2 de coloração vermelho-amarelo em profundidade aparece deixando os horizontes superiores mais próximos da superfície proporcionando o afloramento do lençol freático e consequentemente a ocorrência de Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, por vezes resultando em processos de exfiltração (MARINHO; CASTRO, 2003). Essa classe de solo ocorre em segmentos com declividades de 5 a 8%, de comportamento retilíneo e portanto indicando elevada velocidade de escoamento superficial, nos quais os horizontes C1 e C2 encontram-se bem próximos do horizonte A e também da superfície, ambos influenciados pela menor profundidade do horizonte R semialterado. Esse solo de coloração bruno-amarelada, textura arenosa a fina e com manchas de areia lavada e nódulos concrecionários no horizonte mais inferior se apresenta em quatro horizontes, A, C₁, C₂ e R, se estende até uma distância de 781 metros, já nas proximidades do canal de drenagem. A partir de então tem-se início o Gleissolo de coloração cinza em altitudes abaixo de 722 metros sobre declividades de no máximo 3% de comportamento côncavo e portanto com tendência a redução da velocidade do escoamento superficial e estagnação da água. Essa classe de solo é a mais diversificada em termos de horizontes, sendo que o A aparece turfoso, escurecido, sobrepondo camada argilosa cinza, ficando saturado durante todo o ano. A Figura 5.5.2.2 ilustra a topossequência sobre a qual esse sistema pedológico foi estudado.

Por ser um sistema com solos de textura média a arenosa nos quais a profundidade pode ultrapassar os 4 metros e sob uso ainda que por agricultura, apresenta-se com elevado potencial a ocorrência de focos erosivos podendo chegar a grandes dimensões. É o que ocorre em algumas áreas próximas ao levantamento da topossequência, onde o predomínio do uso por pastagem e solo exposto resultou na ocorrência de focos com até 4,38 ha.

Figura 5.5.2.2: Segundo sistema pedológico representativo do compartimento morfopedológico Oeste.



Fonte: Marinho e Castro (2003).

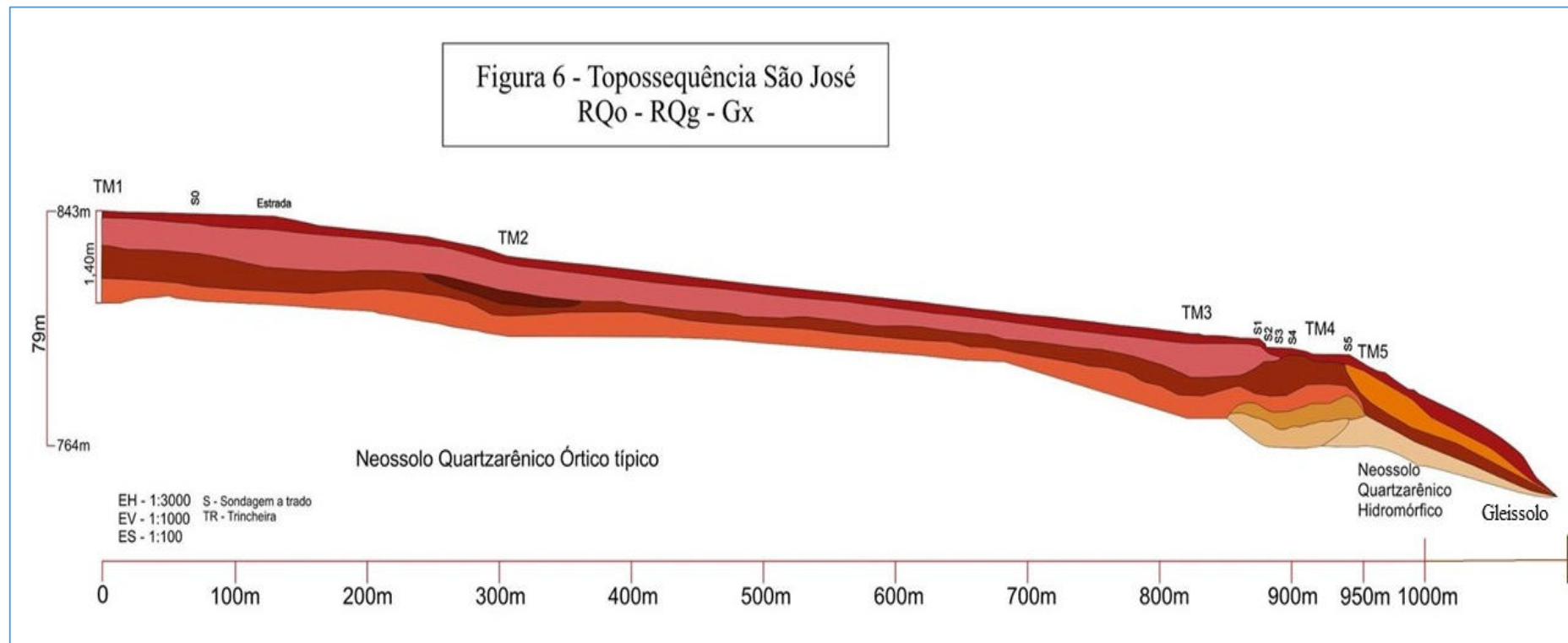
Destaca-se também que se relacionados com o número, bem como a área de contribuição erosiva de focos, esses sistemas pedológicos em face das condições de cobertura e uso do solo comprovam a tendência de maior degradação na qual se encontra o CMP Oeste. Nesse compartimento encontram-se 3 dos 8 focos com área variando de 10 a 25,2 ha.

5.5.3 Sistema pedológico do CMP Sudeste

Semelhante ao que foi ressaltado para o CMP Oeste, no CMP Sudeste a tendência é do predomínio de Neossolo Quartzarênico Órtico. Mas ocorrem também alguns resquícios de Latossolo Vermelho Distrófico de textura média em alguns topos planos, mais preservados e isolados. Abaixo destes e em maior abrangência tem-se a ocorrência de Argissolo Vermelho Distrófico de textura variando de média a arenosa. Seguindo em posições mais rebaixadas e agora mais dissecadas também começa o Neossolo Quartzarênico Órtico de textura arenosa de amplo domínio e portanto que mais caracteriza o CMP Sudeste. Essa diversidade de solos é marca por um rebaixamento geral do compartimento acompanhado de uma considerável dissecação do relevo a qual tende a ser menos pronunciada para os Latossolos, de média dissecação para os Argissolos e em um estágio mais avançada nas posições mais rebaixadas onde predomina o Neossolo Quartzarênico.

O sistema pedológico representativo do CMP Sudeste ocorre também sobre arenitos eólicos da Formação Botucatu. A topossequência representativa do mesmo, ilustrada pela Figura 5.5.3.1, parte de altitudes de 842 metros no ponto mais elevado do interflúvio já com declividade de 5 e passando imediatamente para 8% de modo crescente e portanto de forma convexa, proporcionando aumento de velocidade de escoamento superficial. Nessa porção até uma distância de 955 metros tem-se a ocorrência de Neossolo Quartzarênico Órtico de horizonte A com aproximadamente 10 cm, de coloração avermelhada, de textura arenosa, consistência solta e sem plasticidade. Em seguida tem-se os horizontes AC (10 a 50), C1 (50 a 106) e C2 (106 > 140), ambos de coloração mais amarelada, textura arenosa, consistência solta, e também não pegajoso. Após os 955 metros distando o interflúvio tem-se a ocorrência do Neossolo Quartzarênico Hidromórfico já em declives que podem chegar a 20% em que a velocidade de fluxo se mostra maior devido a declividade crescente ao longo da vertente.

Figura 5.5.3.1: Sistema pedológico representativo do compartimento morfopedológico Sudeste.



Essa classe possui horizonte A podendo chegar a 10cm, AC podendo chegar a 60 cm, ambos de coloração escurecida devido ao acúmulo de matéria orgânica associada a hidromorfia marcante, textura arenosa, consistência solta e não plástica. Seguindo tem-se os horizontes C1 (60 - 85), e CR (85 - 94+) ambos de coloração escurecida textura arenosa, sendo o penúltimo de consistência dura e o último muito dura. Nesse ponto é importante ressaltar a aproximação do arenito semialterado com a superfície de forma que o lençol freático tende a aflorar deixando o ambiente úmido durante boa parte do ano. Seguindo e agora bem na borda do principal canal de drenagem da área tem-se a transição para o Gleissolo Háptico de coloração cinza escuro, textura argilosa, ainda que de pouca profundidade devido ao afloramento do arenito.

A tendência do arenito ao afloramento faz com que em algumas épocas do ano o lençol freático se aproxime da superfície deixando a areia muito úmida. Em algumas partes do entorno da topossequência o uso predominante por pastagens proporciona o surgimento de ravinamentos nos quais os fluxos superficiais se juntam aos subsuperficiais que ao encontrarem o solo arenoso proporcionam o surgimento e evolução de erosões de grande porte podendo chegar até 15 ha. Em ambientes como o acima descrito, de relevo dissecado, solos arenosos e por vezes profundos, sob o uso por pastagens é comum a ocorrência feições erosivas da ordem de 2 a 5 e de 5 a 10 ha, sendo que 5 dos 8 focos com dimensão variando de 10 a 25,2 ha encontram-se nesse compartimento.

5.6 Aplicação e avaliação do modelo de previsão de ocorrência de processos erosivos hídricos lineares

O desenvolvimento do modelo de previsão de ocorrência de processos erosivos hídricos lineares teve início com a aplicação das equações de chuva para cada uma das bacias representativas de cada compartimento. Essas equações tiveram como objetivo fazer uma estimativa da intensidade máxima média das precipitações que podem ocorrer para cada uma das regiões nas quais se localiza cada uma das bacias-teste, considerando um dado período de observação. Para tanto, a intensidade máxima média dos eventos pluviométricos para cada bacia-teste foi determinada levando-se em conta o tempo de duração do escoamento superficial para os maiores comprimentos de fluxo, ou mais precisamente de vertente, ao longo das bacias. Dessa forma, em seguida tem-se os desdobramentos da aplicação do Método Racional Modificado e agora distribuído em face

da variação da amplitude altimétrica no terreno, perfazendo assim, o conceito de distribuição de energia ao longo do sistema vertente e também da bacia hidrográfica.

5.6.1 Aplicação e desempenho do modelo no CMP Norte

Para o CMP Norte os menores coeficientes de escoamento superficial ou seja, os tipos de cobertura combinados com o solo que mais facilitam o processo de infiltração, são os da Mata de Galeria e do Cerrado Típico. Já os coeficientes mais elevados para a área correspondem àqueles resultantes da Pastagem e principalmente do Solo Exposto, para os quais as estimativas de escoamento variam de 0.32 a 0.35, respectivamente, conforme ilustrado na Tabela 5.6.1.1.

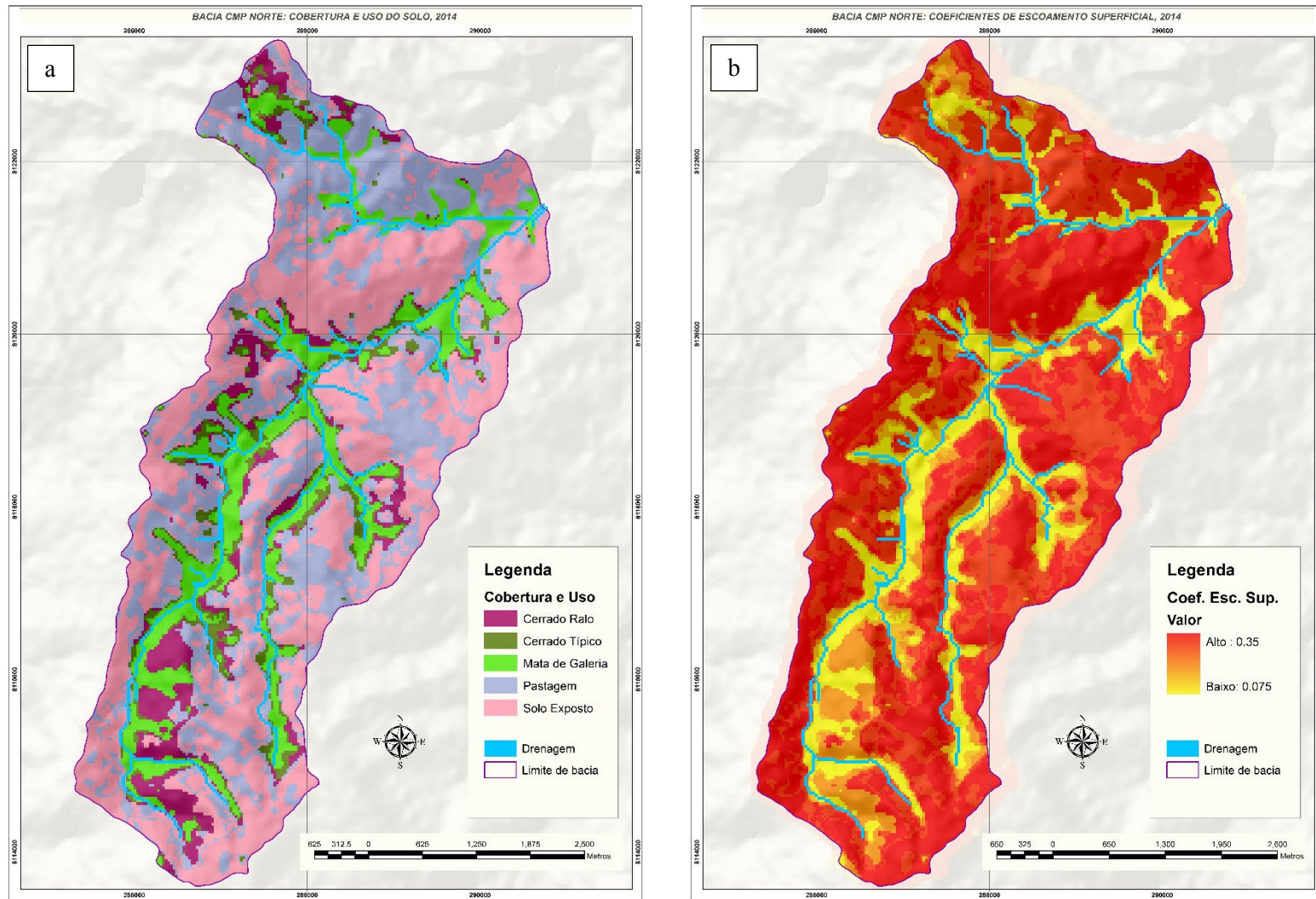
Tabela 5.6.1.1: Classes de fitofisionomias e uso do solo, coeficientes de escoamento superficial estimados e respectivos percentuais de ocorrência nas bacias-teste do CMP Norte.

Classe de cobertura e uso	Área ha	Coe. Esc. Sup.	Área relativa
Cerrado Ralo	199,30	0,200	7,53
Cerrado Típico	164,77	0,150	6,23
Mata de Galeria	391,65	0,075	14,80
Pastagem	893,76	0,320	33,78
Solo Exposto	996,38	0,350	37,66
Área total das bacias / média	2645,86	0,215	100,00

Com base na mesma tabela percebe-se que as áreas mais antropizadas e que proporcionam elevados índices ocorrem em mais de 78% da área. Observando a parte **a** da Figura 5.6.1.1, percebe-se que os mesmos se distribuem desde o topo dos interflúvios até as porções mais baixas das vertentes. Já a Mata de Galeria, que proporciona os menores coeficientes, predomina ao longo dos canais de drenagem. Com isso entende-se que, ainda que a Mata de Galeria seja preservada, a retirada da vegetação nas porções mais elevadas e principalmente nas médias vertentes acaba por dinamizar o fluxo do escoamento superficial. Esse tende a se potencializar, exercendo pressão sobre as porções mais rebaixadas das vertentes.

Observando o mapa de coeficiente de escoamento superficial na área das bacias-teste percebe-se que o mesmo varia de 0,075 a 0,35, sendo que a média para toda a bacia é da ordem de 0,215, conforme ilustrado na Tabela 5.6.1.1.

Figura 5.6.1.1: Mapa de cobertura e uso do solo (parte **a**) e respectivo mapa de coeficientes de escoamento superficial (parte **b**) da bacia teste do CMP Norte.



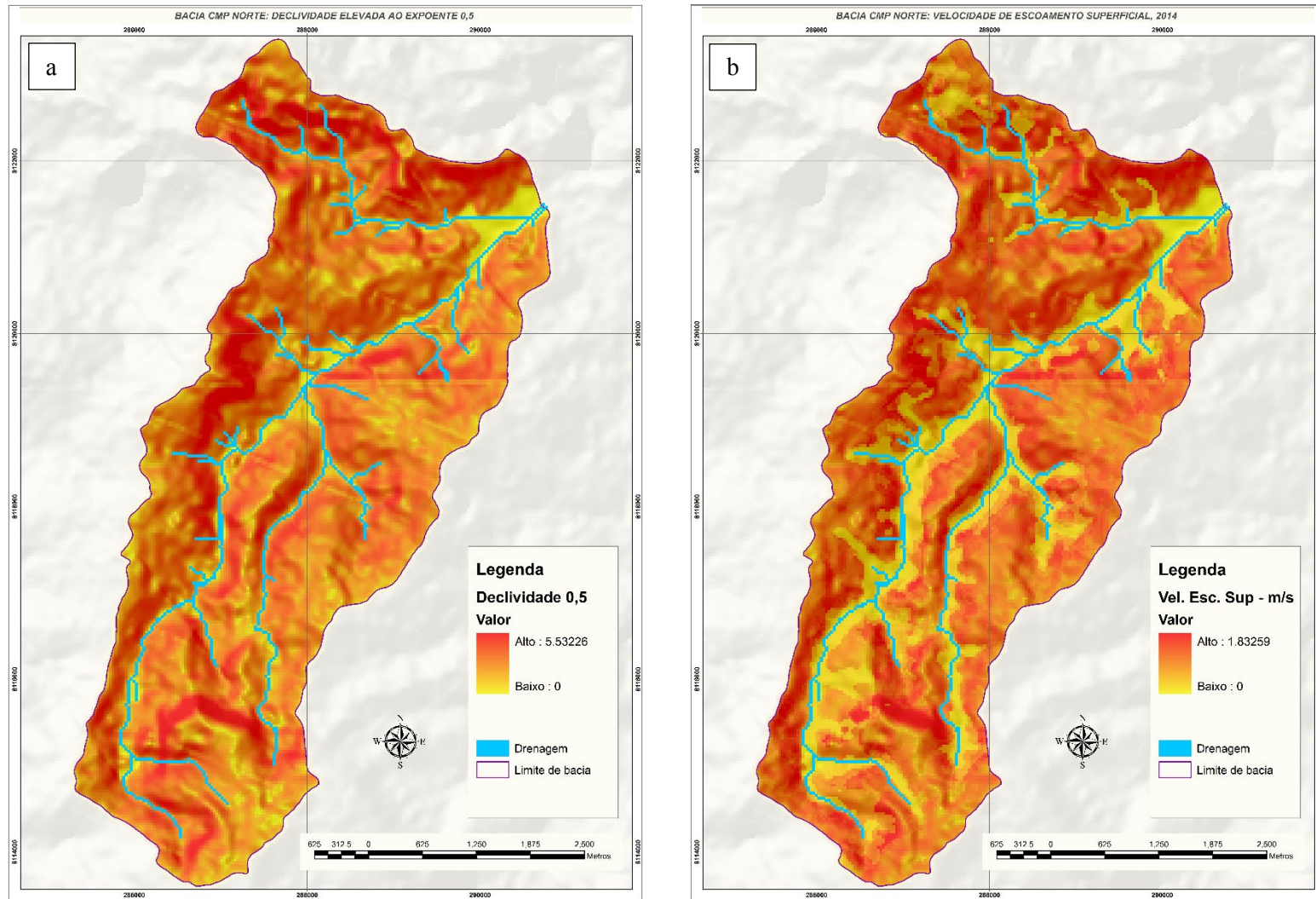
No entanto, a média para a ocorrência de feições erosivas, onde predomina o Solo Exposto, é da ordem de 0,329, ao passo que nas áreas sem ocorrência erosiva é de 0,269 (Tabela 5.6.1.2). É possível notar ainda que o desvio padrão dos coeficientes para as áreas sem ocorrência é mais que o dobro daquele para as áreas com incisões erosivas. A elevada média para as áreas de erosão confirma a influência de elevados coeficientes de escoamento na deflagração de focos erosivos. Já o baixo desvio padrão indica que existe pouca variação em torno da média ou ainda que os valores de coeficientes para as áreas de erosão são menos dispersos do que os coeficientes para as demais áreas da bacia. Na prática, em situações de Solo Exposto, são áreas preferenciais para desagregação e transporte de materiais.

Tabela 5.6.1.2: Média e desvio padrão do coeficiente de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Norte.

	Cobertura e Uso do Solo	Coeficiente de Escoamento Superficial	
		Média	Desvio Padrão
Área de bacia	Pastagem	0,269	0,097
Área de erosão	Solo Exposto	0,329	0,045

No que se refere a declividade elevada ao expoente 0,5 percebe-se que a mesma varia de 0 a 5,53%. Observando a parte **a** da Figura 5.6.1.2 constata-se que os menores valores ocorrem nos topos de interflúvios e também já próximo aos canais de drenagem, ao passo que os valores mais elevados ocorrem nas porções intermediárias das vertentes. A associação da distribuição espacial dessa variável com os coeficientes de escoamento superficial resulta na ocorrência de maiores velocidades de escoamento superficial também nas porções intermediárias das vertentes, podendo atingir 1,83 m/s, conforme ilustrado na parte **b** da mesma figura. Nos topos de interflúvio, planos e de escoamento em início, e nas bordas dos canais de drenagem ocorrem os menores valores. Nas porções mais elevadas o início do escoamento associado a baixa declividade atenua a dinamização do escoamento, de forma que o mesmo ainda encontra-se com baixa velocidade de escoamento. Já nas porções mais rebaixadas a vegetação assume papel fundamental na redução da velocidade de fluxo, uma vez que proporciona maior resistência a passagem da água.

Figura 5.6.1.2: Mapa de declividade elevada ao expoente 0,5 (parte **a**) e mapa de velocidade de escoamento superficial (parte **b**) da bacia teste do CMP Norte.



No que se refere a influência da declividade na ocorrência de focos erosivos percebe-se que a média para a ocorrência de feições é ligeiramente alta em relação à média das demais áreas da bacia, conforme ilustrado na Tabela 5.6.1.3. Da análise do desvio padrão entende-se que na referida bacia as feições erosivas quando ocorrem estão mais ajustadas à declividade média de 2,59. Já o desvio padrão para as demais áreas da bacia indica uma maior variação da declividade em torno da média de 2,54.

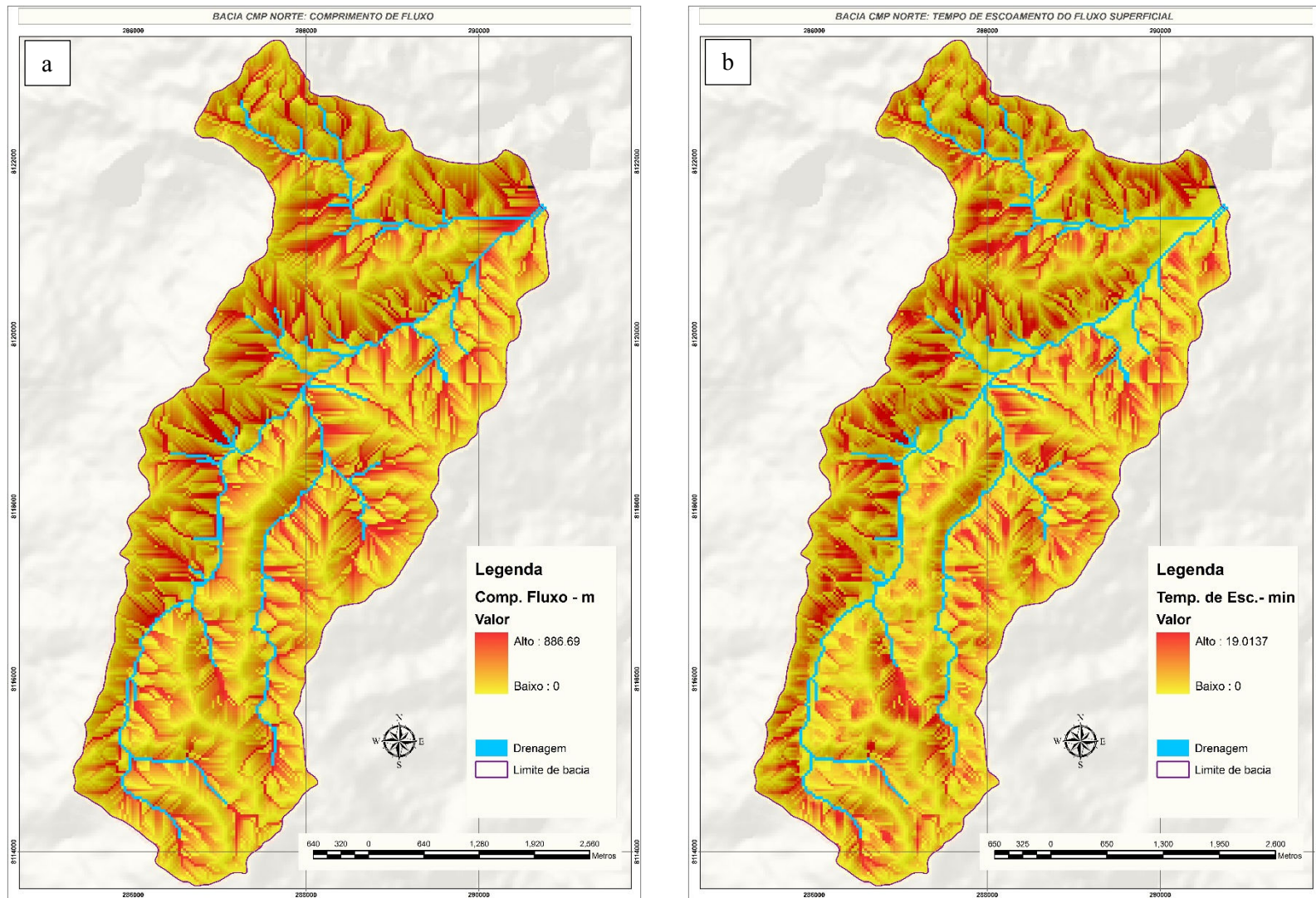
Tabela 5.6.1.3: Média e desvio padrão da declividade e da velocidade de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Norte.

	Declividade (%) ^{0,5}		Veloc. de Escoa. Superficial (m/s)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	2,54	0,82	0,69	0,32
Área de erosão	2,59	0,53	0,85	0,19

Em relação a velocidade de escoamento superficial, a média indica que o fluxo assume também grande influência na ocorrência de feições erosivas. Em uma variação de 0 a 1,83 m/s a média para a ocorrência de focos erosivos é de 0,85, ao passo que para as demais áreas da bacia o valor é da ordem de 0,69 m/s. Em relação ao ajuste, o desvio padrão aponta para um maior ajuste - 0,19 - da ocorrência de focos erosivos quando os fluxos atingem a média de 0,85 m/s. Enquanto isso, para as demais áreas da bacia, o desvio padrão tende a ser da ordem de 0,32, indicando uma maior variabilidade da velocidade de fluxo. Com isso entende-se que tanto o aumento da declividade, quanto da velocidade de escoamento superficial apresentam boa correlação com a ocorrência de focos erosivos.

No que se refere ao comprimento dos fluxos na presente bacia em teste os mesmos atingem os 886 metros, quando chegam nas cabeceiras ou ainda diretamente aos canais de drenagem. Já em relação ao tempo de escoamento superficial alguns fluxos demoram até 19 minutos para que cheguem nas maiores distâncias nas vertentes, conforme ilustrado nas partes **a** e **b**, respectivamente, da Figura 5.6.1.3. Comparando as duas partes da figura é possível perceber uma profunda relação entre o comprimento de fluxo e o tempo que o mesmo encontra-se em deslocamento. Entretanto, destaca-se que essa relação não é direta, pois em seu deslocamento a velocidade de fluxo pode assumir diferentes valores, os quais podem variar de 0 a 1,83 m/s.

Figura 5.6.1.3: Mapa de comprimento de fluxo (parte a) e mapa de tempo de escoamento superficial (parte b) da bacia teste do CMP Norte.



Consequentemente, entende-se que a probabilidade de ocorrência de focos erosivos não é, necessariamente, maior nas áreas de maior comprimento ou em que o fluxo encontra-se em maior tempo de deslocamento, e sim da combinação destes com a velocidade de escoamento.

O entendimento anterior acerca da probabilidade de ocorrência de feições erosivas pode ser confirmado, em parte, quando da análise da Tabela 5.6.1.4. Por meio desta, observa-se que a média para ocorrência de focos erosivos na variável comprimento de fluxo é de 242,59 m, ao passo que as demais áreas da bacia possuem média de 142,41 metros. Essa baixa média para a área de bacia se deve ao fato dos comprimentos maiores possuírem pouca área, uma vez os que os mesmos resultam da convergência de fluxos menores. No entanto, o desvio padrão dos comprimentos com ocorrência de erosão é maior do que o desvio dos comprimentos para as demais áreas da bacia. Tal observação indica que, para a variável comprimento de fluxo existe uma variabilidade maior para a ocorrência de processos erosivos, se comparados as demais áreas da bacia.

Tabela 5.6.1.4: Média e desvio padrão do comprimento de fluxo e do tempo de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Norte.

	Comprimento de fluxo (m)		Tempo de Escoa. Superficial (min)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	142,41	162,04	1,53	1,83
Área de erosão	242,59	184,52	3,43	2,54

Observação semelhante pode ser feita para a variável tempo de escoamento superficial. As feições erosivas ocorrem quando os fluxos atingem em média 3,43, ao passo que para as demais áreas da bacia a média é de 1,53 minutos. Em relação ao desvio padrão ele continua alto para as áreas de erosão, se comparado as demais áreas da bacia. Considerando o exposto, entende-se que para nas variáveis comprimento de fluxo e tempo de escoamento superficial existe uma variabilidade maior para a ocorrência de erosões entorno da média, se comparado as demais áreas da bacia. Tal constatação sugere a associação destas duas com outras variáveis a fim de se obter um maior ajuste.

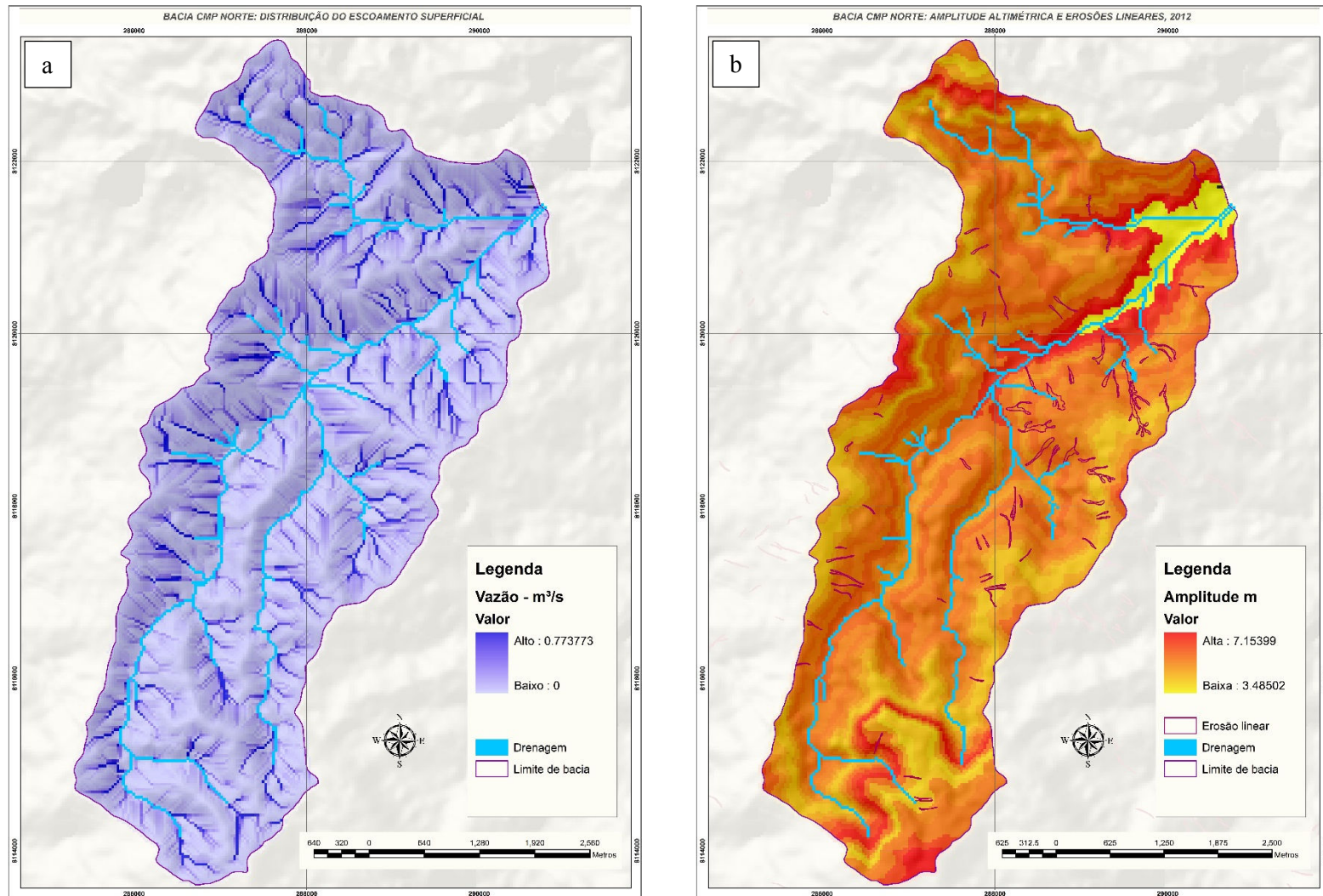
No que se refere à precipitação, e considerando o tempo mínimo de 19 minutos para o escoamento em toda a vertente mais longa e sua inserção na equação de chuva adotada, a intensidade máxima média das precipitações para a área pode atingir 122 mm/h. Este valor

em face da variação dos coeficientes de escoamento superficial da área e considerando a área de 33,93 ha distribuídos ao longo da maior sub-bacia, resulta em uma vazão máxima estimada de 0,77 m³/s no encontro das vertentes com o canal de drenagem. Por se tratar de uma estimativa de vazão distribuída, percebe-se por meio da para **a** da Figura 5.6.1.4 que os maiores valores ocorrem quando da convergência de fluxo, especialmente nas cabeceiras de drenagem, ao passo que os topos de interflúvio recebem os menores volumes de escoamento.

Já observando a parte **b** da mesma figura e considerando as 32 classes adotadas com base nas quebras naturais, percebe-se que a amplitude altimétrica variou de 3,48 nas médias vertentes a 7,15 metros nos topos dos interflúvios e ao longo dos principais canais de drenagem. Dessa forma, com base nas duas partes da Figura 5.6.1.4 é importante ressaltar que a baixa vazão coincide com as maiores amplitudes altimétricas nos topos dos interflúvios, contrariando a concentração de energia proporcionada pela massa resultante do volume de escoamento superficial. Isso porque o volume de escoamento acumulado, além de ser baixo nesse início das vertentes, encontra-se distribuído em áreas de baixa velocidade de escoamento superficial.

Enquanto isso, nas médias vertentes a maior vazão proporcionada pelo acúmulo e pela tendência de convergência do escoamento coincide com as menores amplitudes altimétricas nas partes côncavas das vertentes, favorecendo a concentração de energia. Estas situações ilustram muito bem a analogia feita por Leopold e Langbein (1962), entre o sistema bacia hidrográfica ou sistema vertente e um sistema termodinâmico. Para a bacia hidrográfica a transferência de energia no sistema se dá das porções mais elevadas, que são maiores em termos de área, para as porções mais rebaixadas que, por sua vez, possuem tendência de redução de área o que configura convergência de fluxo. Com isso, a tendência geral é de concentração de energia que se dá via vertente. Com isso, entende-se que na vertente existe um segmento crítico que corresponde àquele onde a razão entre a massa acumulada e a amplitude intraclasse é máxima, considerando o conjunto do sistema. A massa é representada pelo escoamento superficial que se forma desde as porções mais elevadas em segmentos convexos com o ganho de velocidade, passam pelo segmento retilíneo onde a amplitude é máxima e chega nos segmentos retilíneos a côncavos, onde se observa uma brusca redução da amplitude, que sob acúmulo de fluxo pode resultar em desagregação e transporte.

Figura 5.6.1.4: Mapa de distribuição do escoamento superficial (parte a) e mapa de distribuição da amplitude intraclasse (parte b) da bacia teste do CMP Norte.



No que se refere a relação entre a vazão do escoamento superficial e a ocorrência de feições erosivas percebe-se que, para essa sub-bacia, as incisões ocorrem quando o volume atinge em média 0,049 m³/s. Trata-se de uma média 2,88 vezes superior àquela predominante nas demais áreas da bacia, indicando favorecimento da vazão para com o desencadeamento de processos erosivos. No que se refere ao desvio padrão o mesmo aponta para uma maior variação da vazão nas áreas de ocorrência de processos erosivos, se comparado a variação das demais áreas da bacia, conforme ilustrado na Tabela 5.6.1.5. Tal constatação indica que, embora a vazão exerça influência na ocorrência de erosões, essas podem ocorrer sob condições variadas, o que sugere uma relação com outra variável.

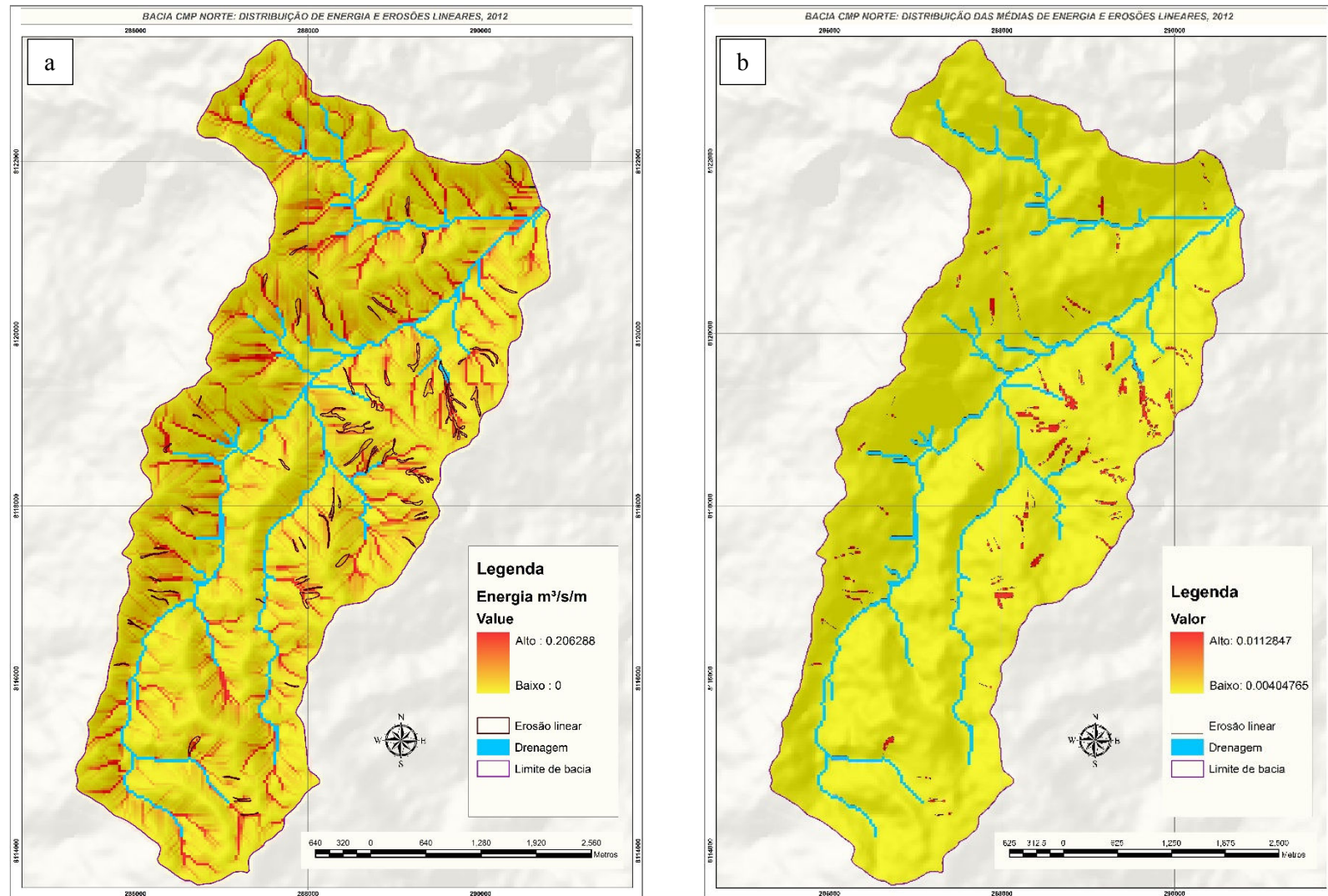
Tabela 5.6.1.5: Média e desvio padrão da vazão do escoamento superficial e da amplitude intraclasse para a área de bacia e de erosão no CMP Norte.

	Vazão do escoamento (m ³ /s)		Amplitude intraclasse (m)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	0,017	0,045	4,40	0,38
Área de erosão	0,049	0,085	4,37	0,23

Já em relação as amplitudes intraclasse percebe-se que a média das áreas com erosão e a média das demais áreas da bacia são muito próximas. Isso se deve ao fato de que na área de toda a bacia predominam amplitudes baixas, sendo que as mais elevadas concentram-se nos topos dos interflúvios e acompanhando os canais de drenagem, ao quais são de pouca ocorrência na área. Entretanto, o desvio padrão aponta para uma tendência de maior ajuste da ocorrência de focos erosivos em torno de amplitudes menores. Tal constatação aponta um bom desempenho dessa variável na avaliação do provável local de ocorrência de uma incisão erosiva.

A expressão espacial da relação entre a variável vazão e a variável amplitude intraclasse é ilustrada na parte **a** da Figura 5.6.1.5. Por meio desta é possível observar que a relação vazão/amplitude intraclasse pode chegar a 0,206 m³/s a cada metro de amplitude nas porções mais baixas das vertentes, onde ocorre máxima convergência de fluxo. Por meio da mesma figura é possível perceber que as incisões erosivas tendem a ocorrer nos locais de convergência de fluxo e principalmente de aumento da relação vazão/amplitude. Tal constatação vai de encontro a fundamentação teórica adotada neste trabalho que defende ser a concentração de energia em face da resistência a continuidade do fluxo um dos motivos para a ocorrência de incisões erosivas hídricas lineares.

Figura 5.6.1.5: Mapa de distribuição de energia (parte a) e mapa de distribuição das médias (parte b) da bacia teste do CMP Norte.



É possível perceber também que essas áreas com alta concentração de energia ocorrem em locais, que além de específicos, são de pouca abrangência na bacia, pois trata-se de ambientes que antecedem às cabeceiras dos canais de drenagem. Esse padrão de distribuição das áreas de maior probabilidade de ocorrência de erosões facilita as ações de planejamento e combate aos processos erosivos, uma vez que a identificação e a localização são mais precisas. Com base nas variáveis envolvidas no modelo permite também que se identifique os fatores que podem condicionar a deflagração e evolução dos focos erosivos. Isso porque com base relação entre a concentração de fluxo e cada variável é possível saber qual (is) dela (s) em suas relações é mais correlata a ocorrência do processo.

Já observando a parte **b** da mesma figura é possível observar a distribuição espacial da média na qual ocorrem os focos erosivos. Para essa situação ela é cerca de 2,75 vezes maior do que a média das demais áreas da bacia. Tal constatação indica que a ocorrência de focos erosivos hídricos lineares é correlata ao aumento da relação vazão/amplitude intraclasse.

5.6.2 Aplicação e desempenho do modelo no CMP Oeste

Para o CMP Oeste os menores coeficientes de escoamento superficial ou seja, os tipos de cobertura e uso combinados com os solos que mais facilitam o processo de infiltração, são os da Mata de Galeria, do Cerrado Denso e do Cerradão, fitofisionomias muito semelhantes no que se refere ao porte vegetal, conforme ilustrado na Tabela 5.6.2.1.

Tabela 5.6.2.1: Classes de fitofisionomias e uso do solo, coeficientes de escoamento superficial estimados e respectivos percentuais de ocorrência na bacia-teste do CMP Oeste.

Classe de cobertura e uso	Área ha	Coe. Esc. Sup.	Área relativa
Agricultura	1695.15	0.2740	20.91
Cerradão	63.63	0.0700	0.78
Cerrado Denso	378.47	0.0750	4.67
Cerrado Ralo	1145.48	0.2000	14.13
Cerrado Típico	901.37	0.1500	11.12
Mata de Galeria	439.33	0.0750	5.42
Pastagem	2444.90	0.3000	30.15
Solo Exposto	1039.55	0.3500	12.82
Área total das bacias / média	8107.89	0.1868	100.00

Já os coeficientes mais elevados para a área correspondem, em ordem crescente, àqueles resultantes do Cerrado Ralo, uso por Agricultura, Pastagem, e principalmente, do Solo Exposto, para os quais as estimativas de coeficiente de escoamento superficial variam de 0.200 a 0.35.

Com base na mesma tabela, e considerando o coeficiente da fitofisionomia Cerrado Ralo, percebe-se que os elevados coeficientes ocorrem em mais de 78% da área. Este valor torna essa bacia com menor potencial de infiltração, se comparada a bacia anteriormente analisada. Observando a Figura 5.6.2.1, percebe-se que os elevados coeficientes se distribuem também desde o topo dos interflúvios até as porções mais baixas das vertentes. Já os menores coeficientes predominam em áreas de ocorrência de Mata de Galeria, ao longo dos canais de drenagem e ainda na porção mais elevada do interflúvio central da bacia. Em termos de modificações impostas pela ação antrópica essas bacias apresentam padrões semelhantes da retirada da cobertura vegetal.

Observando os dados constantes na Tabela 5.6.2.2 percebe-se que a média de escoamento superficial para áreas com ocorrência erosiva - 0,305 em solo exposto - é superior àquela para as demais áreas da bacia - 0,247 - com o predomínio por pastagens. Embora seja menor, acompanha a tendência verificada para a bacia do CMP Norte onde as áreas afetadas por erosão apresentaram média de 0,329 e as demais áreas da bacia 0,269.

Já no que se refere ao desvio padrão percebe-se que o valor para as áreas afetadas por erosão é bem inferior - 0,054 - que àquele verificado para as demais áreas da bacia - 0,082. Tal constatação indica que os demais valores de coeficiente de escoamento superficial ocorrem mais próximos da média para as áreas de erosão do que aqueles registrados para as demais áreas da bacia. Este valor, ainda que seja menor do que aquele constatado na bacia do CMP Norte, continua evidenciando uma relação muito estreita entre a alteração na cobertura do solo, o que influencia no aumento do coeficiente de escoamento superficial, e a ocorrência de processos erosivos hídricos lineares. Deve-se destacar ainda que o aumento dos coeficientes de escoamento superficial e o fator de proteção do solo pelos vegetais são inversamente proporcionais. Com isso entende-se que o aumento do primeiro pode ocorrer em detrimento da redução do segundo, potencializando cada vez mais a erosão dos solos.

Figura 5.6.2.1: Mapa de cobertura e uso do solo (parte a) e respectivo mapa de coeficientes de escoamento superficial (parte b) da bacia teste do CMP Oeste.

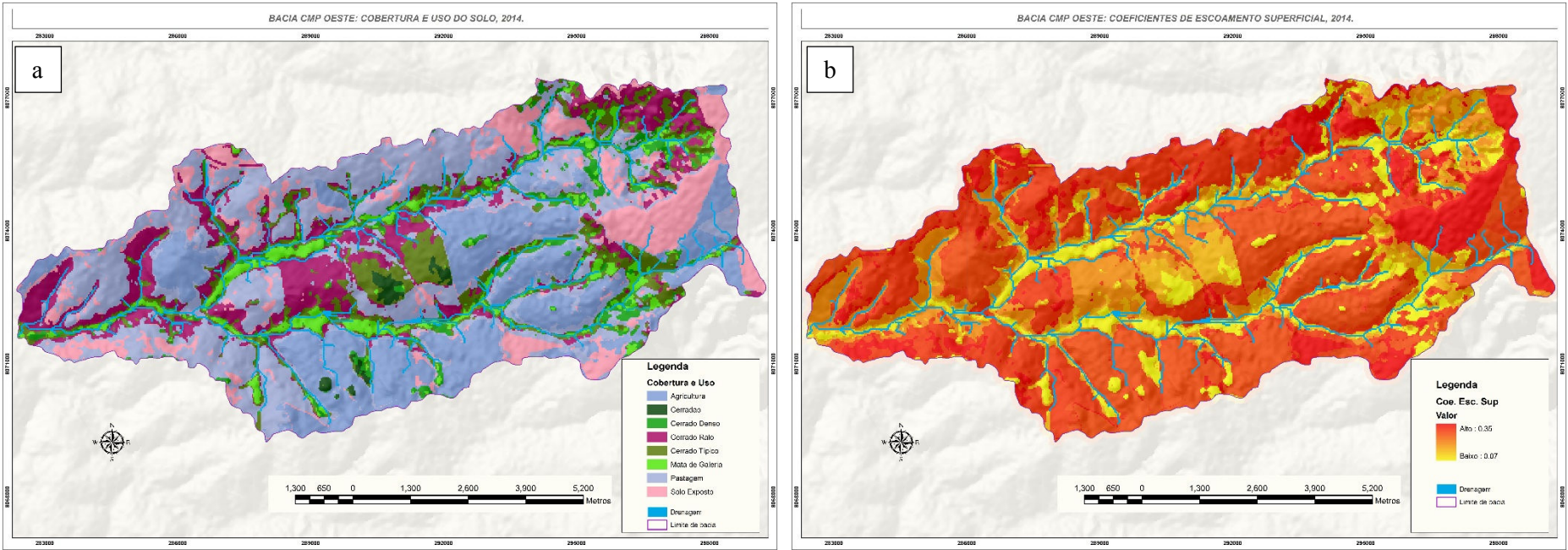


Tabela 5.6.2.2: Média e desvio padrão do coeficiente de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Oeste.

	Cobertura e Uso do Solo	Coeficiente de Escoamento Superficial	
		Média	Desvio Padrão
Área de bacia	Pastagem	0,247	0,082
Área de erosão	Solo Exposto	0,305	0,054

No que se refere à declividade elevada ao expoente 0,5 percebe-se que a mesma varia de 0 a 7,16%. Observando a parte **a** da Figura 5.6.2.2 constata-se que os menores valores ocorrem nas porções mais elevadas dos interflúvios, os quais ocorrem em dois patamares, sendo um mais elevado e preservado e outro mais rebaixado e convexizado. A declividade é menos pronunciada também ao longo dos canais de drenagem, onde predomina baixo gradiente altimétrico. Já os valores intermediários ocorrem das porções intermediárias ao final das vertentes, onde se observa também uma tendência ao aumento. Em relação aos maiores valores os mesmos ocorrem na zona de transição entre um topo de chapada e uma zona rebaixada, não sendo tão considerada na presente análise, uma vez que essa zona quase escarpada tende a fugir da forma clássica de uma vertente.

A associação da distribuição espacial dessa variável com os coeficientes de escoamento superficial resulta na ocorrência de maiores velocidades de escoamento superficial das porções intermediárias às porções mais rebaixada das vertentes, podendo atingir 2,34 m/s, conforme ilustrado na parte **b** da mesma figura. Semelhante a bacia do CMP Norte, nos topos de interflúvio planos e de escoamento em início, e ao longo dos canais de drenagem predominam os menores valores. A diferença está na forte concentração de elevadas velocidades nas zonas de transição do planalto para a zona rebaixada.

No que se refere a avaliação estatística da declividade, a média para as áreas com ocorrência erosiva é pouco maior do que a média para as demais áreas da bacia, semelhante ao que foi constatado para a bacia do CMP Norte. Já o desvio padrão aponta para um maior ajuste da ocorrência de erosões em torno da declividade de 2,43, ao passo que para as demais áreas da bacia a variação da declividade tende a ser maior, conforme ilustrado na Tabela 5.6.2.3. Semelhante ao que foi constatado para a bacia do CMP Norte, a ocorrência de focos erosivos não se mostra, necessariamente, correlata aos maiores declives.

Com base na mesma tabela, observa-se que a média de velocidade de escoamento superficial para as áreas afetadas por erosão tende a ser maior do que a média para as demais áreas da bacia, diferença praticamente igual àquela verificada para a bacia do CMP Norte. Em relação ao desvio padrão, o mesmo aponta para um maior ajuste da ocorrência de focos em torno da média de 0,74, se comparado ao valor para as demais áreas da bacia.

Figura 5.6.2.2: Mapa de declividade elevada ao expoente 0,5 (parte a) e mapa de velocidade de escoamento superficial (parte b) da bacia teste do CMP Oeste.

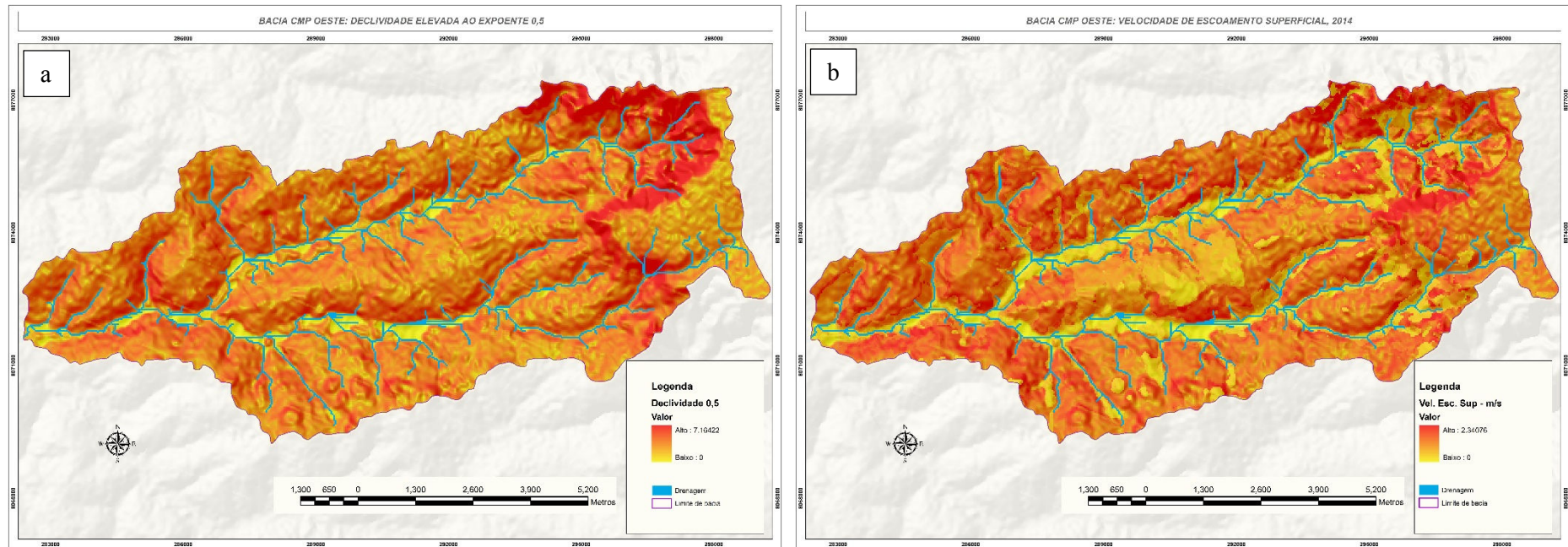


Tabela 5.6.2.3: Média e desvio padrão da declividade e da velocidade de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Oeste.

	Declividade (%) ^{0,5}		Veloc. de Escoa. Superficial (m/s)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	2,39	0,88	0,58	0,27
Área de erosão	2,43	0,60	0,74	0,21

Em relação aos comprimentos de fluxos, para a presente bacia os mesmos podem chegar até 937 metros. Pela convexidade predominante trata-se de um relevo menos dissecado se comparado àquele da bacia representativa do CMP Norte. Consequentemente a convergência de fluxo, além de menor abrangência, tende a ocorrer já nas porções mais rebaixadas das vertentes, conforme ilustrado na parte **a** da Figura 5.6.2.3. Em relação ao tempo de escoamento superficial o mesmo pode chegar até cerca de 18,88 minutos, como ilustrado na parte **b** da mesma figura. Trata-se de um valor bem próximo daquele verificado para a bacia do CMP Norte de vertentes mais curtas. No entanto, essa menor duração se deve a maior velocidade de escoamento superficial que pode chegar a 2,34 m/s.

Em relação às estatísticas a média de comprimento de fluxo para a ocorrência de focos erosivos é de 175, ao passo que para as demais áreas da bacia a mesma fica em torno de 144 metros, conforme ilustrado na Tabela 5.6.2.4. Para a ocorrência de focos, trata-se de um valor menor se comparado à média da bacia do CMP Norte. Considerando que na presente bacia os comprimentos de fluxo são maiores, entende-se que as áreas atingidas por erosão tendem a ocorrer em segmentos mais a montante e em velocidades de escoamento ainda da ordem de 0,74 m/s.

Com base na mesma tabela e observando a média do tempo de escoamento superficial para as áreas de ocorrência erosiva, percebe-se as incisões agora ocorrem em média 2,13 minutos após o início do processo de escoamento. Pelo exposto entende-se em áreas com o predomínio de Latossolo Vermelho de textura média e principalmente Neossolo Quartzarênico de textura arenosa a maior parte da área afetada por erosão tende a ocorrer em situações de menor comprimento de fluxo e principalmente menor tempo de escoamento superficial. Consequentemente, entende-se, sem levar em conta as condições de uso do solo, que esses solos possuem menor resistência a evolução de processos erosivos, se comparados ao Argissolos Vermelhos de textura média predominantes no CMP Norte. É importante destacar também que essa tendência já havia sido constatada quando da análise dos parâmetros morfométricos e morfográficos e suas relações com os processos erosivos. Para o CMP Oeste os maiores focos, bem como a área de contribuição erosiva ocorrem em declives variando de 3 a 8% e em comprimentos de fluxo ainda da ordem de 218 metros.

Figura 5.6.2.3: Mapa de comprimento de fluxo (parte a) e mapa de tempo de escoamento superficial (parte b) da bacia teste do CMP Oeste.

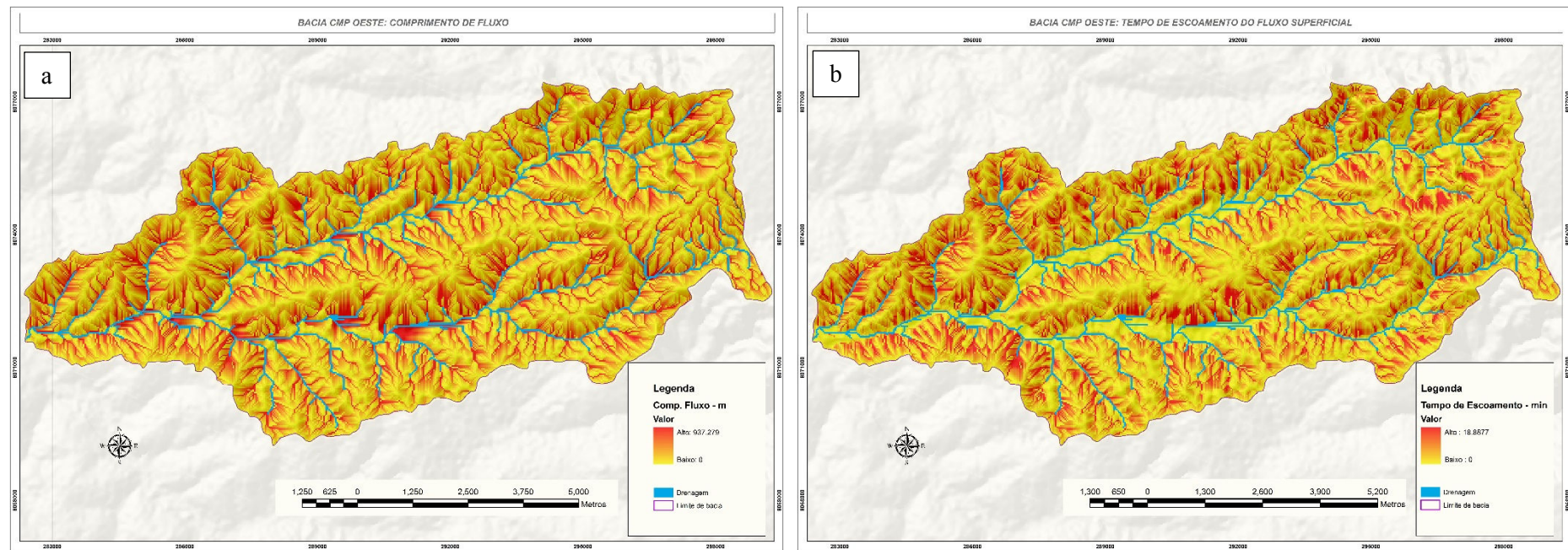


Tabela 5.6.2.4: Média e desvio padrão do comprimento de fluxo e do tempo de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Oeste.

	Comprimento de fluxo (m)		Tempo de Escoa. Superficial (min)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	144,63	171,27	1,35	1,73
Área de erosão	175,01	189,53	2,13	2,36

No que se refere a precipitação, e considerando o tempo mínimo de 18,88 minutos para o escoamento em todas as sub-bacias e sua inserção na equação de chuva adotada, a intensidade máxima média das precipitações para a área pode atingir 97,87 mm/h. Este valor em face da variação dos coeficientes de escoamento superficial da área e considerando a área de 47,07 ha distribuídos ao longo da maior das sub-bacias, resulta em uma vazão máxima estimada de 0,83 m³/s no encontro das vertentes com os canais de drenagem.

Por se tratar de uma vazão distribuída, percebe-se por meio da parte **a** da Figura 5.6.2.4 que os maiores valores ocorrem quando da convergência de fluxo, especialmente nas cabeceiras de drenagem, ao passo que os topos de interflúvio recebem os menores volumes de escoamento. Já observando a parte **b** da mesma figura percebe-se que as maiores amplitudes intraclasse - 10,85 m - ocorrem nas porções mais rebaixadas dos canais de drenagem, nas porções mais elevadas dos interflúvios e principalmente ao longo da escarpa erosiva. Já as menores, da ordem de 6,31 m, predominam nos interflúvios mais rebaixados e principalmente nas bordas. É importante ressaltar que a presença de áreas de planalto com baixa variação de altitude na porção mais a montante da bacia e zonas de escarpa na transição dessa parte alta para as áreas de altitude intermediária deixou a porção central do interflúvio mais rebaixado com baixo gradiente. Com isso ressalta-se que em ambientes de faixa na forma de escarpa a avaliação da distribuição da vazão pela variação da amplitude não é bem aceita, pois nesses ambientes o recuo da vertente se dá mais pelo movimento de massa.

Em relação a avaliação estatística do escoamento superficial observa-se que a média da vazão para as áreas com ocorrência erosiva é de 0,032, ao passo que para as demais áreas da bacia a média é de 0,013 m³/s, conforme ilustrado na Tabela 5.6.2.5. Semelhante ao que aconteceu com os comprimentos de fluxo e o tempo de escoamento superficial, esses valores apontam para a necessidade de uma menor vazão média para a ocorrência de processos erosivos, se comparado a média da bacia representativa do CMP Norte. Já em relação à média da amplitude intraclasse a mesma foi de 7,29 e 7,72 para as áreas com ocorrência erosiva e demais áreas da bacia, respectivamente. Consequentemente, da associação entre as duas variáveis entende-se que a ocorrência de focos erosivos em face da relação vazão/amplitude altimétrica nesse CMP aponta para a predominância de solos mais suscetíveis a desagregação e transporte.

Figura 5.6.2.4: Mapa de distribuição do escoamento superficial (parte a) e mapa de distribuição da amplitude intraclasse (parte b) da bacia teste do CMP Oeste.

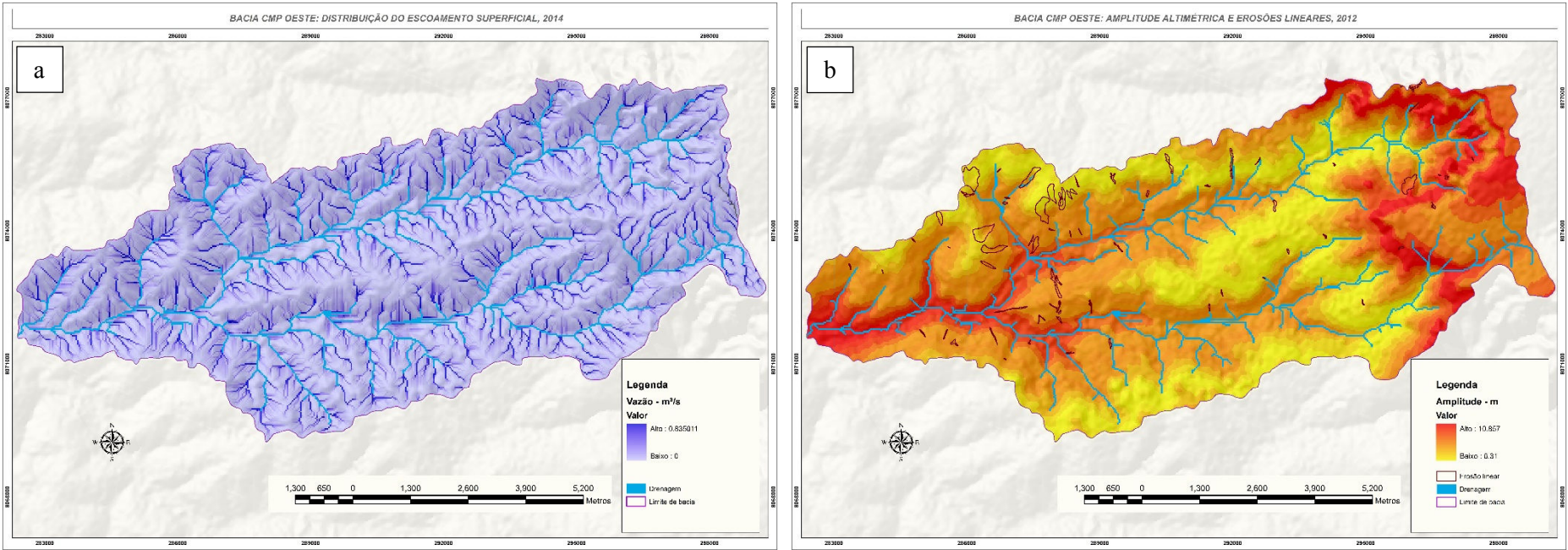


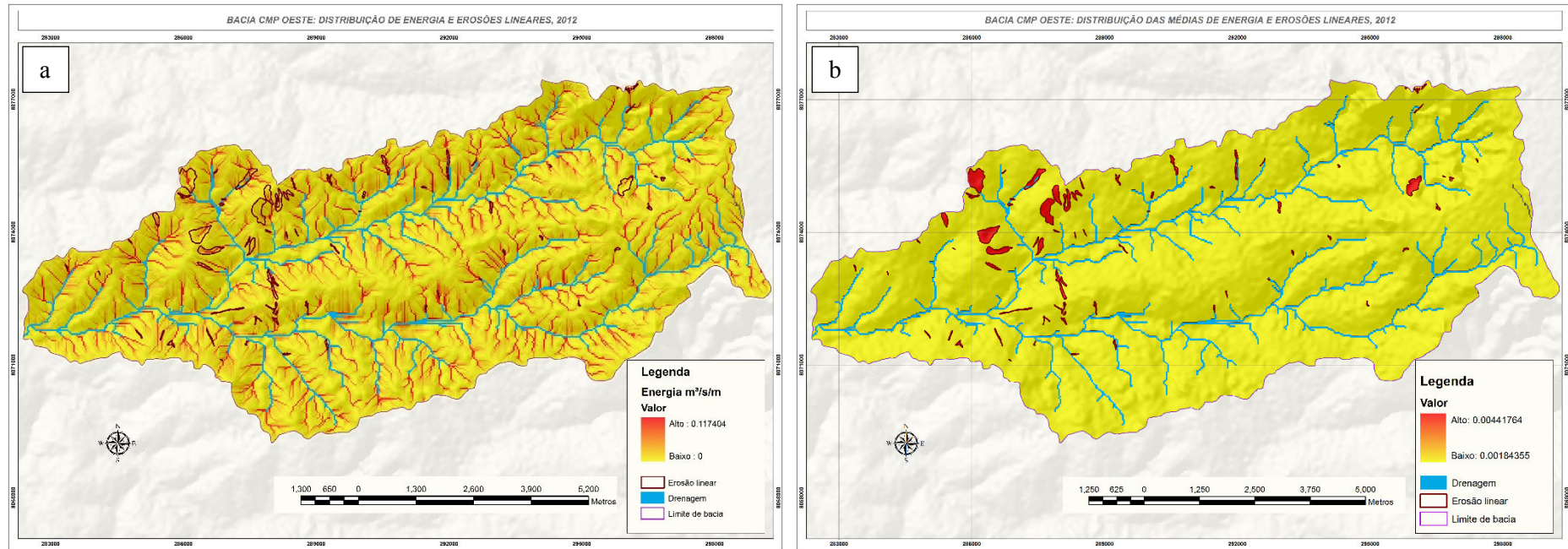
Tabela 5.6.2.5: Média e desvio padrão da vazão do escoamento superficial e da amplitude intraclasse para a área de bacia e de erosão no CMP Oeste.

	Vazão do escoamento (m³/s)		Amplitude intraclasse (m)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	0,013	0,037	7,72	1,05
Área de erosão	0,032	0,083	7,29	0,83

A expressão espacial da relação entre a vazão do escoamento superficial e a variação da amplitude altimétrica é apresentada na parte **a** da Figura 5.6.2.5. Por meio desta é possível observar que a relação vazão/amplitude altimétrica varia de 0 a 0,117 m³/s a cada metro na vertical. Da análise dessa variação constata-se que as partes mais a montante das feições erosivas tendem a ocorrer associadas aos segmentos nos quais já se constata uma notável tendência de convergência do volume escoado. Seguindo, e de forma já mais intensa, as partes mais a jusante dessas feições estão associadas aos segmentos nos quais se constata os maiores valores da relação entre a vazão e a amplitude altimétrica, indicando ambientes de aumento da concentração do volume escoado por metro de amplitude e, portanto, de maior energia. A análise dessa relação entre a concentração de escoamento por amplitude intraclasse e a forma das feições erosivas indica que esses processos são deflagrados em segmentos de grande concentração de vazão e tendem a remontar nas porções mais elevadas das vertentes. Trata-se de uma constatação que vai de encontro à tendência verificada quando da análise dos parâmetros morfométricos e morfográficos e sua relação com os processos erosivos. Da análise da vertente percebeu-se que os grandes focos ocorriam desde segmentos da ordem de 638 até 218 metros em declives de até 5% em vertentes com a forma variando de retilínea a côncava. No modelo proposto essa caracterização morfométrica e morfográfica é representada pela ocorrência de erosões em segmentos de grande concentração de vazão por cada metro na vertical e que tendem a remontar e crescer lateralmente em segmentos mais acima ainda que possuam menor vazão por metro de amplitude.

Na parte **b** da mesma figura tem-se a expressão espacial do resultado da avaliação estatística. Para as áreas afetadas por erosão a média da vazão por amplitude altimétrica - 0,004 m³/s/m - é cerca de quatro vezes superior à média obtida para as demais áreas da bacia. Esta constatação indica uma notável correlação entre o aumento do volume escoado a cada metro de amplitude e a área atingida por erosão. Com isso entende-se que o bom desempenho do modelo proposto continua, quando da aplicação em bacias com características diferentes. Indica também, que na presente bacia a média de concentração de escoamento para as áreas com ocorrência de feições erosivas é menor do que a média obtida para a bacia representativa do CMP Norte. Essa constatação indica também para a ocorrência de solos mais suscetíveis ao processo de desagregação e transporte na ausência da cobertura vegetal.

Figura 5.6.2.5: Mapa de distribuição de energia (parte **a**) e mapa de distribuição das médias (parte **b**) da bacia teste do CMP Oeste.



5.6.3 Aplicação e desempenho do modelo no CMP Sudeste

Para o CMP Sudeste os menores coeficientes de escoamento superficial são muito semelhantes àqueles das bacias representativas dos demais compartimentos. Correspondem aos coeficientes da Mata de Galeria, do Cerrado Denso e do Cerradão, fitofisionomias de maior porte e semelhantes no que se refere ao dossel. Já os coeficientes mais elevados para a área correspondem, em ordem crescente, àqueles resultantes do Cerrado Ralo, uso por Agricultura, Pastagem, e principalmente, do Solo Exposto, para os quais as estimativas de escoamento variam de 0.200 a 0.35, conforme ilustrado na Tabela 5.6.3.1. Com isso, a diferença se deve mais a área de abrangência de cada classe, do que as características de cada tipo de uso do solo.

Tabela 5.6.3.1: Classes de fitofisionomias e uso do solo, coeficientes de escoamento superficial estimados e respectivos percentuais de ocorrência na bacia-teste do CMP Sudeste.

Classe de cobertura e uso	Área ha	Coe. Esc. Sup.	Área relativa
Agricultura	111.61	0.2740	1.48
Cerradão	510.62	0.0700	6.77
Cerrado Denso	560.87	0.0750	7.43
Cerrado Ralo	610.90	0.2000	8.09
Cerrado Típico	435.93	0.1500	5.78
Mata de Gelaria	475.69	0.0750	6.30
Pastagem	4234.17	0.3000	56.10
Solo Exposto	608.11	0.3500	8.06
Área total das bacias / média	7547.92	0.1868	100.00

Com base nessa mesma tabela e considerando o coeficiente da fitofisionomia Cerrado Ralo, percebe-se que os elevados coeficientes de escoamento ocorrem em cerca de 73% da área. Considerando as classes de cobertura e os respectivos percentuais de ocorrência, este valor, se comparado aos 78,97% da bacia do CMP Norte e aos 78% da bacia do CMP Oeste, torna essa bacia aquela com maior potencial de infiltração. Este discreto aumento verificado se deve a permanência de fragmentos de Cerrado Denso e Cerradão em maior proporção que as demais bacias. Observando a Figura 5.6.3.1, percebe-se que os elevados coeficientes se distribuem também desde o topo dos interflúvios até as porções mais baixas das vertentes.

Figura 5.6.3.1: Mapa de cobertura e uso do solo (parte a) e respectivo mapa de coeficientes de escoamento superficial (parte b) da bacia teste do CMP Sudeste.

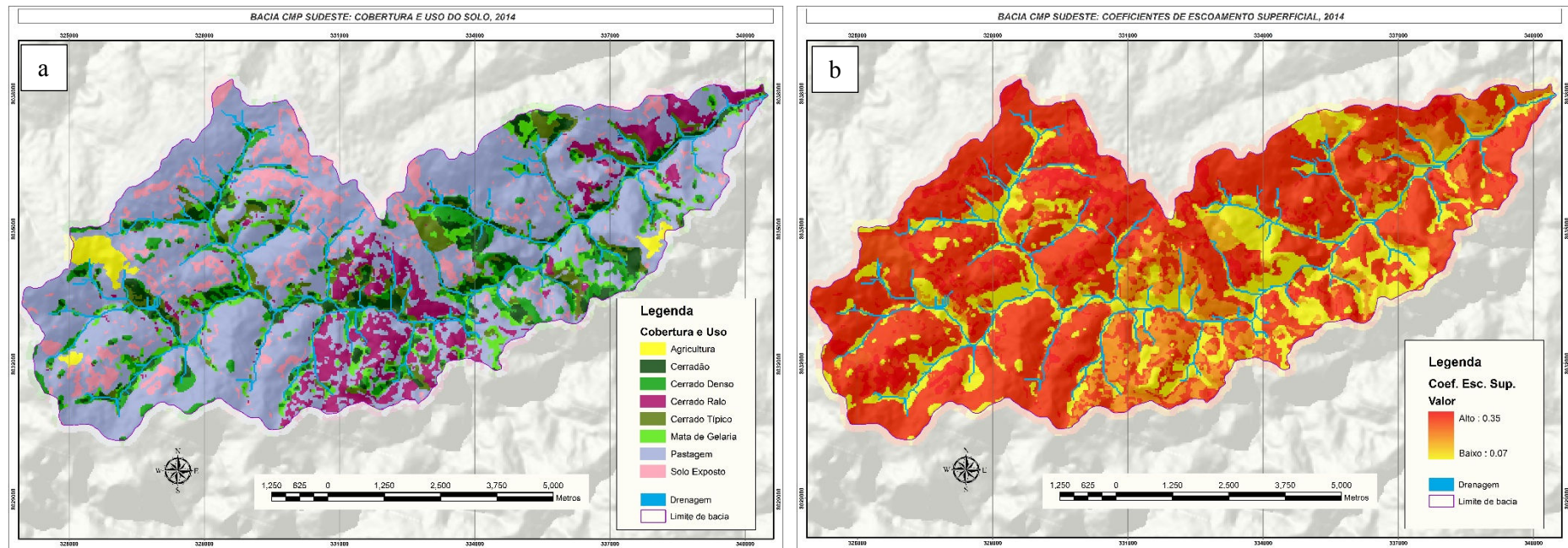


Tabela 5.6.3.2: Média e desvio padrão do coeficiente de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Sudeste.

	Cobertura e Uso do Solo	Coeficiente de Escoamento Superficial	
		Média	Desvio Padrão
Área de bacia	Pastagem	0,243	0,095
Área de erosão	Solo Exposto	0,270	0,067

Já os menores coeficientes predominam em áreas de ocorrência de Mata de Galeria, ao longo dos canais de drenagem e ainda na porção mais elevada do interflúvio central da bacia. Nessas áreas ainda remanescem fragmentos de Cerradão, Cerrado Denso, Cerrado Típico e Cerrado Ralo ainda que de forma descontínua.

Observando os dados constantes na Tabela 5.6.3.2 percebe-se que a média de escoamento superficial para áreas com ocorrência erosiva - 0,270 em Solo Exposto - é superior àquela para as demais áreas da bacia, 0,243, com o predomínio de Pastagens e em menor parte vegetação remanescente. Considerando as áreas com ocorrência erosiva, trata-se de uma média inferior àquelas encontradas para o CMP Oeste - 0,305 - e principalmente para o CMP Norte - 0,329. Da interpretação destes dados entende-se que na bacia representativa do CMP Sudeste os solos predominantes apresentam menor resistência em face da alteração da cobertura e do uso. Isso porque as erosões tendem a ocorrer em ambientes de menores coeficientes de escoamento superficial, se comparados à média das bacias representativas dos demais compartimentos.

Já no que se refere ao desvio padrão percebe-se que o valor - 0,067 - para as áreas afetadas por erosão é bem inferior àquele verificado para as demais áreas da bacia - 0,095. Tal constatação indica que os demais valores de coeficiente de escoamento superficial ocorrem mais próximos da média para as áreas de erosão do que aqueles registrados para as demais áreas da bacia. Este valor, ainda que seja menor do que aqueles constatados nas bacias do CMP Norte e Oeste, continua evidenciando a influência exercida pela alteração na cobertura do solo na ocorrência de processos erosivos.

Em relação a declividade elevada ao expoente 0,5 a mesma varia de 0 a 6,83. Por estar inserida em um compartimento em maior nível de dissecação os maiores valores ocorrem da porção intermediária às margens dos canais de drenagem, que por sua vez apresentam-se mais aprofundados, conforme ilustrado na parte **a** da Figura 5.6.3.2. Associando esta ao mapa de coeficiente de escoamento superficial observa-se o impacto quase que direto da maior dissecação do relevo na velocidade de escoamento superficial, sendo que os maiores valores atingem até 2,04 m/s dos segmentos intermediários àqueles mais próximos dos canais de drenagem, conforme ilustrado na parte **b** da mesma figura.

Figura 5.6.3.2: Mapa de declividade elevada ao expoente 0,5 (parte **a**) e mapa de velocidade de escoamento superficial (parte **b**) da bacia teste do CMP Sudeste.

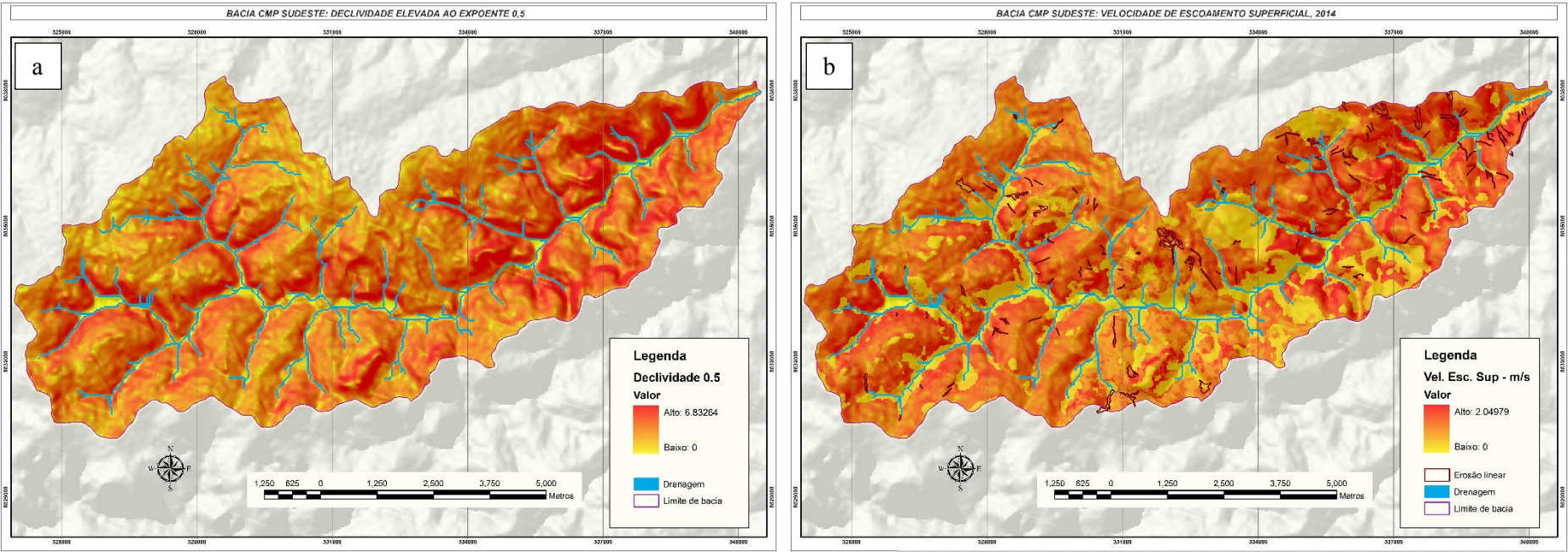


Tabela 5.6.3.3: Média e desvio padrão da declividade e da velocidade de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Sudeste.

	Declividade (%) ^{0,5}		Veloc. de Escoa. Superficial (m/s)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	2,67	0,84	0,64	0,31
Área de erosão	2,77	0,67	0,75	0,26

Em relação às estatísticas da bacia representativa do CMP Sudeste a média de declividade para áreas com ocorrência erosiva é de 2,77, ao passo que para as demais áreas da bacia a média fica entorno de 2,67. Com isso evidencia-se uma leve tendência de ocorrência de erosões nos declives mais acentuados se comparados à declividade média das demais áreas da bacia, conforme ilustrado na Tabela 5.6.3.3.

O desvio padrão também aponta para um maior ajuste em torno da média detectada em áreas com ocorrência de focos erosivos, ao passo que para as demais áreas da bacia o ajuste é menor, conforme ilustrado na mesma tabela. Com base na mesma tabela percebe-se que a média de velocidade de escoamento superficial para as áreas com ocorrência erosiva é de 0,75, sendo que para as demais áreas da bacia a média é de 0,64 m/s. O desvio padrão também aponta para um melhor ajuste da ocorrência de focos erosivos em torno da declividade média de 0,75, evidenciando também um melhor ajuste se comparado ao desvio para as demais áreas da bacia.

Comparando as médias de declividade para as áreas com ocorrência erosiva, bem como as demais áreas da bacia, com os valores encontrados para as bacias representativas dos demais compartimentos observa-se que houve um crescimento tanto em relação a bacia do CMP Norte, e principalmente, em relação a bacia do CMP Oeste. Tal constatação é correlata a maior dissecação predominante na maior parte da área do CMP Sudeste. A mesma tendência não se constata quando se compara as velocidades de escoamento superficial em que os valores são muito próximos daqueles do CMP Oeste e inferiores aqueles do CMP Norte. Tal comparação permite entender que na bacia do CMP Sudeste a erosões ocorrem em declives mais acentuados, mas os solos apresentam-se menos resistentes. Isso porque boa parte da área afetada por erosão ocorre e em ambientes nos quais a média de velocidade de escoamento superficial não é tão elevada, pois é praticamente igual para a bacia do CMP Oeste e inferior àquela encontrada para a bacia do CMP Norte.

No que se refere ao comprimento dos fluxos os mesmos podem chegar até 883 metros quando do encontro com os canais de drenagem, como ilustrado na parte a da Figura 5.6.3.3.

Figura 5.6.3.3: Mapa de comprimento de fluxo (parte a) e mapa de tempo de escoamento superficial (parte b) da bacia teste do CMP Sudeste.

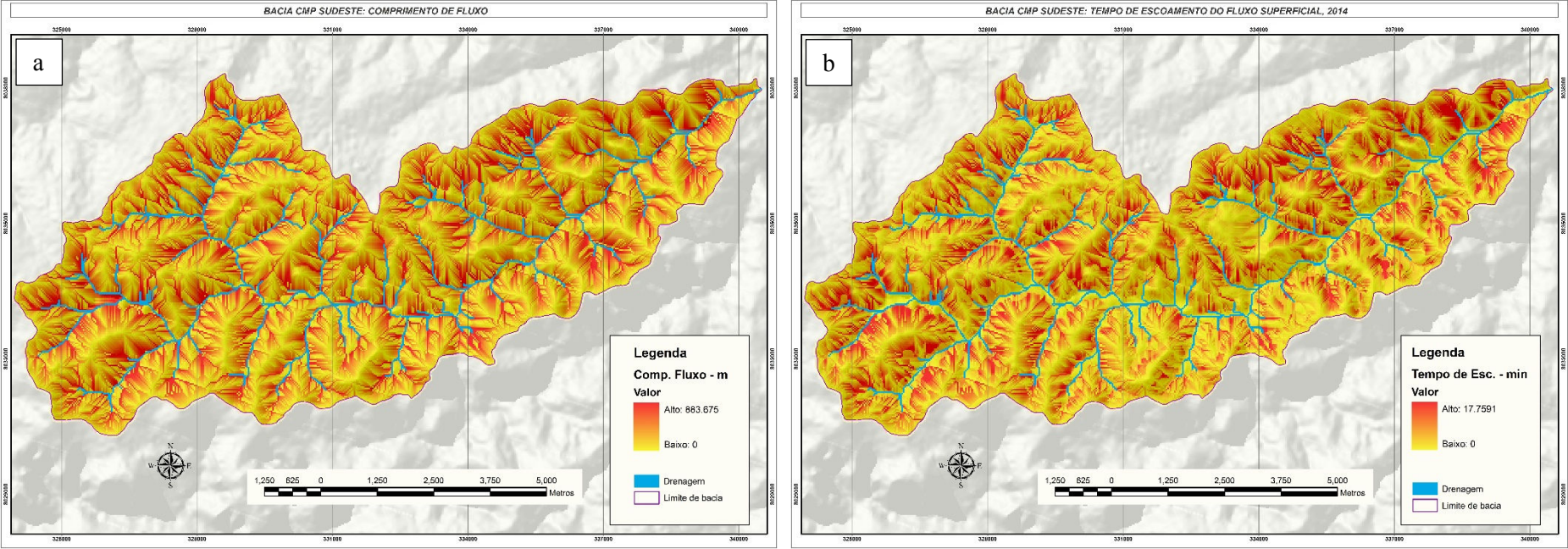


Tabela 5.6.3.4: Média e desvio padrão do comprimento de fluxo e do tempo de escoamento superficial para a área de bacia e de erosão no CMP Sudeste.

	Comprimento de fluxo (m)		Tempo de Escoa. Superficial (min)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	159,16	168,43	1,65	1,99
Área de erosão	211,13	183,48	2,57	2,44

Pelo fato da bacia se localizar em um compartimento mais dissecado que os demais, são os menores comprimentos se comparados àqueles das demais bacias. Associando os comprimentos de fluxo dessa bacia à velocidade de escoamento superficial de 2,04 m/s, verifica-se que o tempo de escoamento do fluxo superficial chega a 17,75 minutos para os fluxos que tiveram início em pontos mais distantes do canal, conforme ilustrado na parte **b** da mesma figura. Trata-se também de um tempo menor, se comparado aos 19,01 e os 18,88 minutos encontrados para as bacias do CMPs Norte e Oeste, respectivamente. Dessa forma, levando em conta a declividade, o comprimento de fluxo, a velocidade e o tempo de concentração do escoamento entende-se que trata-se de uma bacia em que os processos estão mais acelerados se comparada as bacias representativas dos demais compartimentos.

Acerca dos comprimentos de fluxo e sua relação com os processos erosivos percebe-se que a média para as áreas com ocorrência erosiva é de 211,13, ao passo que a média para as demais áreas da bacia é de 159,16 metros, conforme ilustrado na Tabela 5.6.3.4. Considerando a média das demais áreas da bacia e comparando-a com média das mesmas áreas das bacias do CMP Norte - 142,41 - e Oeste -144,63 - entende-se que trata-se de uma bacia mais dissecada. Isso porque, ainda que na presente bacia o comprimento de fluxo chegue no máximo a 883,6 metros, a média é superior à das demais bacias, evidenciando que a maior parte dos fluxos é mais prolongada.

Já quando se compara a média de comprimento de fluxo para área de erosão com a mesma média para as bacias do CMP Norte e Oeste observa-se que a média da presente bacia é inferior à média da bacia do CMP Norte - 242,59 - e superior à média do CMP Oeste - 175,01 metros. Esta comparação permite entender que na bacia do CMP Sudeste as erosões ocorrem em fluxos pouco extensos e os solos possuem resistência semelhante àqueles do CMP Oeste. Já acerca do tempo de escoamento superficial percebe-se que a média para as áreas com ocorrência erosiva é de 1,65, ao passo que para as demais áreas da bacia a média é de 2,57 minutos. Comparando estes aos valores encontrados para a bacia do CMP Norte, 1,53 e 3,43 respectivamente, percebe-se o efeito da maior média de comprimentos de fluxos e a menor resistência do solo a ocorrência e processos erosivos. Isso porque, ainda que esta bacia possua uma média de comprimento de fluxos maior, os focos erosivos ocorrem em torno de uma média, 2,57, que é inferior àquela da bacia representativa do CMP Norte. Quando da comparação com a média das áreas com ocorrência erosiva - 1,35 - e a média das demais áreas da bacia - 2,31 - do CMP Oeste, o

entendimento é de que os fluxos tendem a ser maiores, com as erosões ocorrendo também e comprimentos maiores.

No que se refere a precipitação, e considerando o tempo mínimo de 17,75 minutos para o escoamento em todas as sub-bacias e sua inserção na equação de chuva adotada, a intensidade máxima média das precipitações para a área pode atingir 111,81 mm/h. Este valor em face da variação dos coeficientes de escoamento superficial e considerando uma área máxima de 41,76 ha distribuídos ao longo da maior sub-bacia, resulta em uma vazão máxima estimada de 0,97 m³/s. Por se tratar de uma vazão distribuída, percebe-se novamente por meio da parte **a** da Figura 5.6.3.4 que os maiores valores ocorrem quando da convergência de fluxo, especialmente nas cabeceiras de drenagem, ao passo que nos topos de interflúvio os volumes de escoamento partem de 0 m³/s.

Observando a parte **b** da mesma figura percebe-se que as maiores amplitudes intraclasse - 12,23 m - tendem a ocorrer nas porções mais elevadas dos interflúvios e também nos segmentos mais rebaixados próximos ao principal canal de drenagem. Já as menores, da ordem de 4,77 m, passam a predominar após a borda dos interflúvios, ao passo que as médias passam a ocorrer na medida em que se aproxima dos canais de drenagem.

Acerca da vazão do escoamento superficial observa-se que a média para as áreas de ocorrência erosiva é de 0,026, ao passo que a média para as demais áreas da bacia é de 0,014, conforme ilustrado na Tabela 5.6.3.5. Se comparadas às médias encontradas para a bacia do CMP Norte, 0,049 e 0,017 m³/s, respectivamente, entende-se que além de uma menor vazão para a bacia como um todo, na presente bacia as erosões tendem a ocorrer ainda em locais de concentrações de fluxo pouco intensas. Quando se faz a mesma comparação com as médias da bacia representativa do CMP Oeste constata-se resultado semelhante, especialmente em relação à média de vazão para as áreas com ocorrência erosiva que é de 0,032. Tal constatação evidencia uma menor resistência dos solos predominantes nesta bacia se comparados com os resultados encontrados para as bacias representativas dos demais CMPs. Em relação aos solos é importante destacar que nesse compartimento o predomínio é de Neossolo Quartzarênico de textura arenosa, de grande facilidade de desagregação e transporte, para o qual é muito comum a ocorrência de erosões de grande porte.

Figura 5.6.3.4: Mapa de distribuição do escoamento superficial (parte a) e mapa de distribuição da amplitude intraclasse (parte b) da bacia teste do CMP Sudeste.

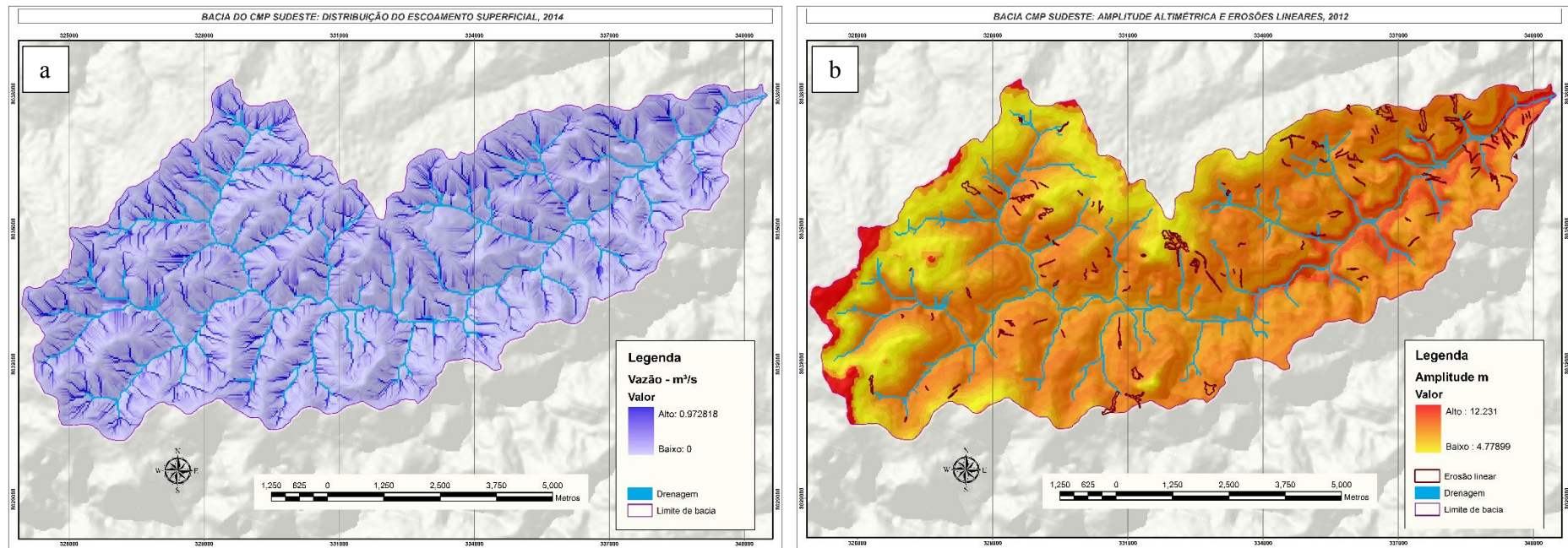


Tabela 5.6.3.5: Média e desvio padrão da vazão do escoamento superficial e da amplitude intraclasse para a área de bacia e de erosão no CMP Sudeste.

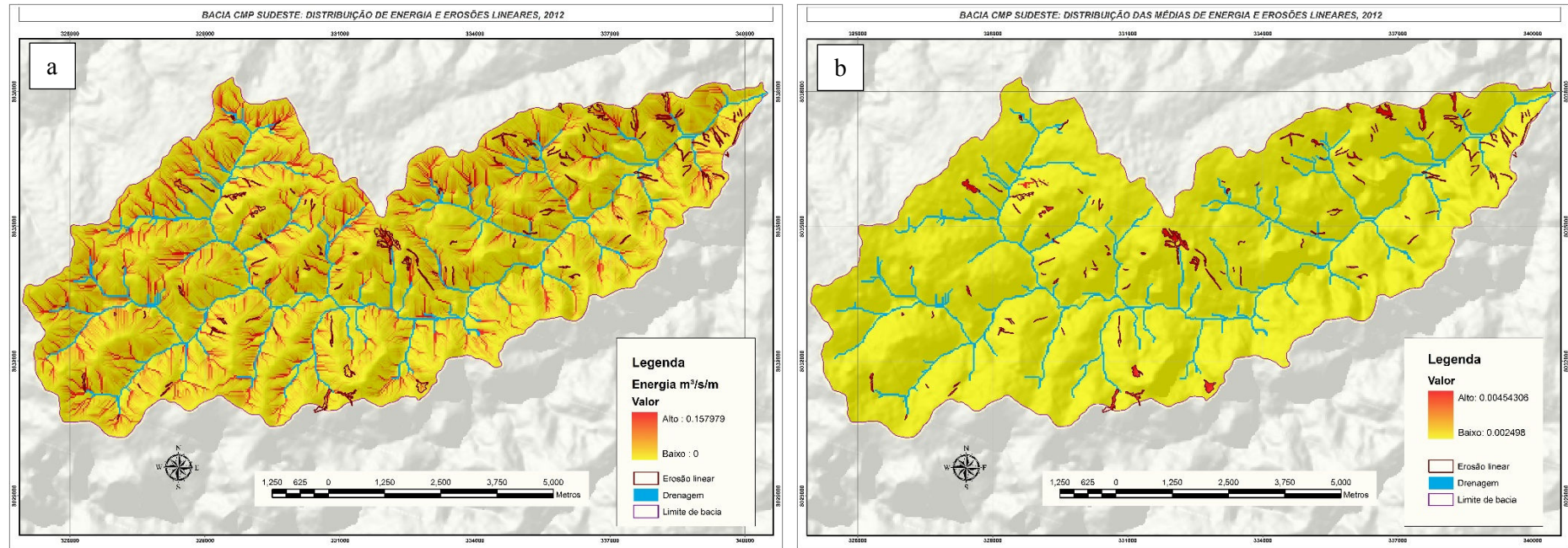
	Vazão do escoamento (m³/s)		Amplitude intraclasse (m)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Área de bacia	0,014	0,034	5,77	0,69
Área de erosão	0,026	0,050	5,76	0,36

Acerca da variação da amplitude altimétrica, a média para as áreas com ocorrência erosiva é de 5,76, ao passo que para as demais áreas da bacia é de 5,77 m. Trata-se de valores bem próximos, o que indica que para ambientes onde predomina solos de textura mais arenosa o efeito do menor gradiente altimétrico é menos pronunciado para a ocorrência de processos erosivos. Trata-se também de valores maiores do que aqueles encontrados para as bacias representativas do CMP Norte e Oeste, o que indica que trata-se de um compartimento mais suscetível a ocorrência de processos erosivos. Associando a variação da vazão do escoamento superficial com a variação de amplitude altimétrica entende-se que na presente bacia a relação vazão por amplitude altimétrica é menor do que para as demais bacias. Essa constatação continua indicando que nesse compartimento os solos possuem menor resistência a energia resultando do escoamento superficial já que para a ocorrência de focos erosivos a relação vazão/ amplitude altimétrica é menor que nos demais compartimentos.

A expressão espacial da relação entre a vazão e a amplitude intraclasse é apresentado na parte **a** da Figura 5.6.3.5, em que os valores podem atingir 0,157 m³/s/m. Trata-se de um valor inferior àquele encontrado para a bacia do CMP Norte - 0,206 - e superior àquele da bacia representativa do CMP Oeste - 0,117 m³/s/m. Esse resultado pode ser um reflexo das intensidades médias máximas das precipitações, em que o valor para a presente bacia é de 111,81, para bacia do CMP Norte de 122 e para a bacia do CMP Oeste é de 97,87 mm/h.

Na parte **b** da mesma figura observa-se que a média das áreas de ocorrência erosiva é de 0,004, ao passo que para as demais áreas da bacia a média é de 0,002 m³/s/m. Considerando as áreas com ocorrência erosiva o valor é bem inferior aos 0,0112 encontrados para a bacia do CMP Norte e praticamente igual aos 0,0044 m³/s/m encontrados para a bacia do CMP Oeste. Esta comparação permite entender que dos três conjuntos de bacias analisados, o conjunto do CMP Norte é aquele em que o solo se apresenta mais resistente aos processos erosivos, ao passo que as bacias representativas do CMP Oeste e Sudeste se apresentam menos resistentes. Isso porque média da relação vazão/amplitude intraclasse das áreas com ocorrência erosiva para a bacia do CMP Norte tem se mostrado bem superior às médias verificadas para as bacias do CMP Oeste e Sudeste, as quais são da ordem de 0,004 m³/s/m.

Figura 5.6.3.5: Mapa de distribuição de energia (parte a) e mapa de distribuição das médias (parte b) da bacia teste do CMP Sudeste.



6 SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS INDICADORES CONDICIONANTES E DA MODELAGEM DA OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS

No que se refere à metodologia e a escala de semi-detalle adotadas na pesquisa, a análise e classificação da área em compartimentos morfopedológicos se mostrou eficiente para o entendimento da ocorrência, da distribuição e da concentração de focos erosivos lineares, bem como da área de contribuição erosiva resultante para cada compartimento.

A relação entre as formações geológicas, bem como as litologias predominantes, as altitudes e o grau de dissecação do relevo este representado pelo aprofundamento dos principais canais de drenagem, além dos principais tipos de solos e suas texturas, permitiram diferenciar os compartimentos morfopedológicos em termos de seus comportamentos específicos em relação aos processos erosivos.

Os compartimentos em estágio mais avançado de dissecação, por vezes com considerável rebaixamento e subsequente nivelamento topográfico e, portanto, de baixa amplitude altimétrica, tais como o CMP Norte e o Leste, desde que dominados por solos de textura média a arenosa mostraram - se mais propícios à erosão hídrica linear, fato corroborado pela elevada concentração de focos, apesar de distribuídos por quase toda a sua área. Entretanto, pelo fato da maioria dos focos possuir área de até 2 ha, essa grande densidade de focos não resultou, necessariamente, em grandes áreas de contribuição erosiva.

Comportamento semelhante ao anterior foi identificado para o CMP de Escarpa com grande desnível altimétrico e presença de degraus escalonados coincidentes com as formações geológicas. Neste, pelo fato dos solos possuírem textura média, mas pouca profundidade, os focos erosivos tendem a ocorrer em menor número e também são de pequeno porte.

Embora essa mesma relação também ocorra nos demais compartimentos semelhantes no que se refere às litologias e os tipos de solo, quando se leva em conta o aprofundamento dos principais canais de drenagem e a altitude dos topos dos interflúvios, os mesmos se mostram mais preocupantes do ponto de vista da evolução dos focos erosivos, como nos CMP Oeste e Sudeste, embora se encontrem em estágio intermediário de dissecação.

Os CMPs Oeste e Sudeste, são consequentemente mais ativos do ponto de vista erosivo, inclusive com focos de grandes dimensões. O CMP Oeste ocorre sobre arenitos eólicos da Formação Botucatu que por vezes encontram-se exposto com grandes incisões erosivas que revelam um grande aprofundamento dos canais de drenagem e interflúvios pouco dissecados com a ocorrência de Latossolo Vermelho de textura média ou Neossolo Quartzarênico de textura arenosa, propiciando o remonte dos focos erosivos para as porções mais elevadas e planas das vertentes o que por vezes resultam em elevada área de contribuição erosiva.

O CMP Sudeste é similar ao Oeste em termos geológicos, entretanto sua situação se mostra mais grave devido o relevo ser mais dissecado, com uma quantidade maior de canais mais aprofundados e interflúvios acentuadamente dissecados; acrescente-se a isso o amplo predomínio de Argissolo Vermelho de textura média e do Neossolo Quartzarênico de textura arenosa, ambos de elevadas erodibilidades. Assim, o CMP Sudeste se mostrou um compartimento com elevada quantidade, bem como densidade de focos erosivos lineares, o que resultou em uma expressiva área de contribuição erosiva.

Considerando o exposto para os compartimentos Oeste e principalmente o Sudeste, destacam-se duas características que se mostram determinantes para o surgimento e evolução dos focos erosivos: (i) a disponibilidade de materiais facilmente desagregáveis com maior profundidade e baixa coesão das partículas e (ii) o elevado gradiente altimétrico associado ao maior aprofundamento dos principais canais de drenagem que se mostra determinante para uma maior energia cinética que por sua vez incide sobre as porções mais rebaixadas das vertentes proporcionando a desagregação e movimentação de partículas principalmente do solo.

Os parâmetros morfométricos e morfográficos adotados para melhor compreender a magnitude dos processos erosivos, conclui-se que uma só variável não permite um entendimento satisfatório desse fenômeno, pois que é multifatorial, indicando que é a avaliação da relação entre as variáveis que permite uma melhor compreensão.

Nesse sentido, para o CMP Norte os maiores focos, bem como a maior área de contribuição erosiva ocorrem em declividades de 5 a 8%, associadas a comprimentos na

vertente de até 87 metros para os grandes focos e até 218 para focos menores. Uma parte formada por focos maiores ocorre em segmentos variando de convexo a retilíneo e outra maior parte formada por focos menores do que 0,5 ha em segmentos variando de retilíneo a côncavo. Dessa forma, a curvatura da vertente revela maior importância no entendimento da ocorrência dos focos em seus diversos tamanhos.

Para o CMP Oeste os focos erosivos, especialmente os de maior porte ocorrem em declives que variam de 3 a 5% e em comprimentos que variam de 87 a 638 metros, com a curvatura ou forma da vertente variando de retilínea a côncava. Com isso destaca-se que além da inclinação e do comprimento na vertente a curvatura ou sua forma são de fundamental importância para a compreensão do surgimento e evolução dos focos erosivos. Outro fator que deve ser considerado nesse CMP é o tipo e a textura dos solos, pois que o Latossolo Vermelho de textura média e o Neossolo Quartzarênico de textura arenosa possuem maior facilidade de desagregação e transporte o que favorece o desenvolvimento de grandes focos erosivos mesmo em áreas de baixa declividade, mesmo configurando dissecação média, devido aumento de energia cinética a jusante.

Em relação ao CMP Sudeste, de relevo mais dissecado, a declividade volta a influenciar a ocorrência de focos erosivos, especialmente dos maiores, pois que estes tendem a se associar a declividades de até 12%. Mesmo assim, a ocorrência dos focos se mostra dependente do comprimento, e principalmente da forma da vertente, associada às características do solo. Para tanto, os focos erosivos, bem como suas áreas de contribuição ocorrem em declives de até 12% associados a comprimentos na vertente de até 218 metros, com forma convexa a retilínea em solos arenosos e retilínea a côncava em solos de textura média.

Associadas a todas as variáveis morfométricas e morfográficas a questão da exposição do solo ou o uso por Pastagem se tornaram determinantes para a ocorrência de focos erosivos. Para o CMP Norte a conversão das diversas fitofisionomias em Solo Exposto ou uso por Pastagem ocorreu principalmente ao longo da década de 1990. Já nos compartimentos Oeste e Sudeste a retirada da cobertura vegetal remonta à década de 1980. Nesse tempo os ambientes com o predomínio de solos de textura média e principalmente arenosos que desde então foram desmatados, correspondem àqueles nos quais se constata

grande ocorrência e densidade de focos erosivos e consequentemente os maiores impactos decorrentes.

O modelo de previsão de processos erosivos hídricos lineares apresentou bom desempenho em termos da hipótese levantada inicialmente. Entretanto, destaca-se que o desempenho alcançado se deve mais à fundamentação teórica do modelo que conduz à seleção das variáveis envolvidas do que as operações cartográficas executadas. Isso porque a escala de detalhe exige produtos de boa precisão e acurácia para que se tenha resultados mais precisos. Com isso destaca-se que o que fez o modelo funcionar, e por vezes evidenciar o comportamento dos processos erosivos nos diversos compartimentos, foi a visão que se tem do fenômeno e que determinou a forma como o modelo está organizado e principalmente relaciona as variáveis mais importantes na compreensão do fenômeno.

Dessa forma, inicialmente o modelo relaciona a entrada de energia representada pela precipitação média máxima e sua relação com a capacidade de infiltração do solo representada pela estimativa dos coeficientes de escoamento superficial. Posteriormente, relaciona a distribuição do volume de escoamento superficial com a tendência de concentração lateral do fluxo resultante configurando as linhas de concentração de fluxos. Por fim, a concentração da vazão estimada, relacionada ao ganho de velocidade relacionou-se à forma convexa que evolui para a maior inclinação predominante nas porções intermediárias das vertentes. Já o maior volume de escoamento superficial estimado, relacionado com a redução da amplitude altimétrica encontrada nos segmentos que variam de retilíneos a côncavos, configuraram os segmentos mais críticos quanto à ocorrência de incisões erosivas, naturalmente associado ao aumento da energia cinética dos fluxos para jusante.

É importante ressaltar, também, a possibilidade do modelo proposto em detectar a maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos nos compartimentos Oeste e principalmente Sudeste se comparados ao compartimento Norte. Isso porque para o CMP Norte a média da relação vazão/amplitude altimétrica é de $0,011 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ para a ocorrência de processos erosivos. Já para as sub-bacias representativas dos CMPs Oeste e Sudeste a média é de 0,0044 e 0,0045 respectivamente. Acrescenta-se a isso o fato de nesses compartimentos as erosões alcançarem até 25,2 ha de área de contribuição.

Na concepção e consequente funcionamento do modelo é importante ressaltar ainda que a baixa vazão coincide com as maiores amplitudes altimétricas nos topos dos interflúvios, contrariando a concentração de energia proporcionada pela massa resultante do volume de escoamento superficial. Isso porque o volume de escoamento acumulado, além de ser baixo nesse início de vertente, encontra-se distribuído em áreas com tendência à divergência de fluxo. Enquanto isso, nas porções a jusante, a maior vazão proporcionada pelo acúmulo de fluxo coincide com as menores amplitudes altimétricas nas partes côncavas das vertentes, favorecendo a concentração de energia.

Essas situações ilustram muito bem a analogia feita por Leopold e Langbein em 1962, entre o sistema bacia hidrográfica e um sistema termodinâmico. Para a bacia hidrográfica a transferência de energia no sistema se dá das porções mais elevadas de áreas maiores para as porções mais rebaixadas que, por sua vez, possuem tendência de redução de área. Com isso, a tendência geral é de concentração de energia que se dá via vertente. Assim, entende-se que há na vertente um segmento crítico que corresponde àquele onde a razão entre a massa acumulada e a amplitude intra-classe é máxima, considerando o conjunto do sistema, o que pode resultar em incisões erosivas quando a energia do fluxo incidente supera a resistência de cisalhamento do solo representada pela coesão, a agregação e o peso.

Trata-se de um modelo com o propósito de ilustrar a distribuição da convergência do fluxo de matéria (vazão) em um sistema (vertente) considerando quatro dimensões que são de fundamental importância para o entendimento de fenômenos envolvendo processos erosivos hídricos lineares. Destas, duas, x e y , indicam a convergência lateral dos fluxos. A terceira, z , indica a convergência vertical a qual tende a ser inversamente proporcional a amplitude intraclasse. Já a quarta, t , diz respeito a variação do fluxo no tempo, a qual é dependente da variação da precipitação e sua interação com a capacidade de infiltração do solo.

Some-se a essas conclusões, o fato de nos CMP Norte e Sudeste, dominarem sistemas pedológicos constituídos por Neossolos Quartzarênicos órticos (RQo) que passam lateralmente a Neossolos Quartzarênicos hidromórficos (RQg) e este a Gleissolos Háplicos (GX) ou Neossolos Flúvicos (RL) em vertentes longas e retilíneas-côncavas, ou ainda

Neossolos Litólicos (RL), com terminação em escarpa abrupta com mais de 50 m de desnível em relação à base do sistema onde ocorrem Neossolos Quartzarênicos hidromórfico e sobretudo Gleissolo, ao contrário do Oeste. Neste dominam Latossolos Vermelhos (LV) que passam a Latossolos Vermelho Amarelos (LVA) e estes a Neossolos Quartzarênicos hidromórficos (RQg), os quais passam a Gleissolos Háplicos (GX).

No caso dos dois primeiros sistemas pedológicos com solos arenosos, quanto mais remontante é a ocorrência do Neossolo Quartzarênico hidromórfico na vertente, significa que o freático é mais raso e até aflora no terço inferior da vertente, marcado por concavidade basal em que o risco de instalação de voçorocas remontantes é grande porque são desencadeadas pela convergência de fluxos do escoamento subsuperficial e subsuperficial freático, como no CMP Norte. No do Sudeste, onde a dissecação erosiva rápida produz vales fluviais em escarpas e patamares (tipo cânion) o elevado gradiente hidráulico e o nível de base muito rebaixado em relação à vertente, mesmo convexizada, favorecem o desequilíbrio hidráulico da encosta e dos solos de forma rápida.

Já no terceiro sistema pedológico, o do CMP Oeste, com maior teor de argila e microagregação típicas, mesmo em condições de rampas longas e elevada compactação, o processo erosivo não se desenvolve com grande magnitude, devido a boa drenagem dos solos, a forma convexa, baixa declividade e terminação em rampas longas.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo: Instituto de Geografia, USP. Geomorfologia, n. 18, 1969.

APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DO ESTADO DE GOIÁS. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 39, 1989. 40 p. Escala 1:1.000.000.

ALMEIDA FILHO, G. S. de; RIDENTE JUNIOR, J. L. Diagnóstico, prognóstico e controle de erosão: noções básicas para controle e prevenção de erosão em área urbana e rural. Goiânia: AGBEA, 2001.

ASSAD, E. D. et al. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. In ASSAD, E. D. (Org.). **Chuvras nos cerrados: análise e espacialização**. Brasília, 1994. p. 43 - 48.

BACCARO, C. A. D. Processos Erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 141-168 p.

BACELLAR, L. A. P. Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos e Geotécnicos dos Mecanismos de Voçorocamento na Bacia do Rio Maracujá - Ouro Preto - MG. 2000. 226 p. Tese (Doutorado em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

BARBALHO, M. G. S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. A Expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, São Paulo, n. 29, 2013. Disponível em: <http://www.rbciamb.com.br/images/online/Materia_8_artigos365.pdf>. Acesso em: 15 set. 2014.

BARBALHO, M. G. S. Processos erosivos lineares nas bacias dos rios Claro e dos Bois, afluentes do rio Araguaia no estado de Goiás: relações com a cobertura vegetal e o uso da Terra. 2010, 194 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010.

BARBALHO, M. G. S., CASTRO, S. S. Morfologia Aplicada ao Diagnóstico e Diretrizes para o Controle dos Processos Erosivos Lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT/MS). IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. São Luís, MA, 2002.

BARBALHO, M. G. S. Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT). (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2002.

BARBALHO, M. G. S.; CASTRO, S.S.; CAMPOS, A. B. Morfologia do relevo e ocorrências erosivas lineares na alta bacia do Rio Araguaia, GO/MT. In: X SBGFA, Rio de Janeiro. Trabalhos Completos. Anais... 2003. CD-ROM.

BARROS O.N.F. Procedimento de campo e gabinete no levantamento de topossequências Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, v. 63, n.1, p. 5-12, 1986.

BARROS O. N. F; CASTRO, S. S.; MANFREDINI, S.; PELLERIN, J.; TOLEDO, G. S.; QUEIROZ NETO, J. P. (1982) Caracterização e representação de volumes pedológicos em Marília (SP) - Revista do Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 1, n.1, p. 73-80, 1982.

BARBOSA, A, S.; GOMES, H.; TEIXEIRA NETO, A. Geografia: Goiás-Tocantins. 2. Ed. Goiânia: CEGRAF/UFG, 2004. 268 p.

BARROS, R.S. Avaliação da altimetria de Modelos Digitais de Elevação obtidos a partir de sensores orbitais. 2006. 195 p. Tese. (Doutorado em Geografia). Depto. de Geografia - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2006.

BARRETO, A. G. O. P; LINO, J. S; SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 33: 1845-1854, 2009.

BARRETO, A.G.O.P.; BARROS, M.G.E. & SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. R. Bras. Ci. Solo, 32:2443-2460, 2008.

BARRETO, A. G. O. P.; LINO, J. S.; SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 33, n. 06, 2009. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/4680>>. Acesso em: 22 dez. 2012.

BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie. I - Prise en compte l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les étude de toposéquences et leurs principaux apport à la connaissance des sols. Cah. ORSTOM. Paris, França. Série Pédologie. v. XIX, n. 4, 1982a, p. 309-322.

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão Integrada da problemática da erosão. SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 3. Maringá, 1985. Livro Guia, Curitiba, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985.329p.

BLANCO, H.; LAL, R. Principles of soil conservation and management. Hays, KS: Springer, 2008. 626 p.

BLANCO, H. & LAL, R. Soil resilience and conservation. In: BLANCO, H. & LAL, R., eds. Principles of soil conservation and management. Columbus, Springer Science Business Media B.V., 2010. p.15-33.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Manual Técnico de Manejo e Conservação de Solo e Água. Campinas. CATI. 1993.

BERTOLINI, W.Z. O conceito de equilíbrio em geomorfologia: perspectivas teóricas e metodológicas para sua avaliação. Revista Geonorte, edição especial, V 1 n°4, p. 33-45, 2012.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Livro Ceres, 368 pág. 1985.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. L. Equação de perdas de solo. In: Conservação do solo. 7ª ed. São Paulo: Ed. Ícone, 2010.

BLOON, A. L. **The surface of earth**. Editora Prentice - Hall, Inc, 1972. Tradução e Comentários de Setembrino Petri e Reinholt Ellert. Série de textos básicos em geociências. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1996. 184 p.

BOARDMAN, J. Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. Catena, 68:73-86, 2006.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas. A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas: SBPC, 1988. p. 79-90.

BOULET, R. Relatório de consultoria referente à primeira fase dos estudos realizados para a recuperação da voçoroca Chitolina, município de Mineiros. p. 34. 2001.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In VITTE, A. C; GUERRA, A, J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2004. p. 153 - 188.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. 3 ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2007. p. 269-293.

CASTRO, S. S. de. Erosão Hídrica na Alta Bacia do Rio Araguaia: Distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, v. 17, p. 38-60, 2005.

CASTRO, S. S.; BARBALHO, M. G. S.; MARINHO, G. V.; CAMPOS, A. B. SALOMÃO, F. X. T. VECHIATTO, A. Condicionantes hidrológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso e manejo dos solos na circulação hídrica e processos de voçorocamento na alta bacia do rio araguaia (GO/MT). In: E. G. Couto e J. F. Bueno (Ed.). Os (Des) caminhos do uso da água na agricultura brasileira. Cuiabá: Ed. UFMT/SBCS, 2004. p. 408-448.

CASTRO, S. S.; BORGES, R. O.; SILVA, R. A. A.; BARBALHO, M. G. da S. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In SBPC, II Fórum de C&T no Cerrado. Goiânia, GO, 2007.

CASTRO, S. S. & QUEIROZ NETO, J. P. Soil erosion in Brazil, from coffee to the present-day soy bean production. In: SHRODER, J.F. LATRUBESSE, E. M. (Org.). Natural hazards and human-exacerbated disasters in Latin America. Holanda: Elsevier, 2010, v. 13, p. 195-221.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. GEOUSP, Espaço e Tempo, São Paulo, SP, n.07, p. 27-37, 2000.

CASTRO, S. S. & XAVIER, L. S. Plano de controle de erosão linear das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha. SEMARH-GO, Projeto de Recomposição Ambiental das Nascentes do Araguaia. Goiânia, 2004. Disponível em: < www.labogef.iesa.ufg.br>. Acesso em: 05 jun. 2014.

CASTRO, S. S., XAVIER, L.S.; BARBALHO, M.G.S. – Atlas Geoambiental das Nascentes do rio Araguaia e Araguainha. SEMARH-GO, Projeto de Recomposição Ambiental das Nascentes do Araguaia. Goiânia. Disponível em:< www.labogef.iesa.ufg.br>. Acesso em: 10 jun. 2014.

CASTRO, C. D; ZOBECK, T. M. Evoluution of the topographic factor en the universal soil loss equation on irregular slopes. Soil Conservation Society of America, (41-2) 1986 113-116 p.

CATEN, A.T.; DALMOLIN, R.S.D. RUIZ, L.F. C. SEBEM, E.; PEREIRA, R.S. 2009. Pedometria aplicada à predição de classes de solos utilizando de regressões logísticas múltiplas. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7685-7692.

CATEN, A.T.; DALMOLIN, R.S.D., PEDRON, F.A.; (4) & SANTOS, M.L. M. (2011) Regressões logísticas múltiplas: fatores que influenciam sua aplicação na predição de classes de solos R. Bras. Ci. Solo, 35:53-62, 2011.

Clark, M. & Small, J. Slopes and weathering. New York: Cambridge University Press, 1982, 110 p.

COELHO NETO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. Cap. 3, p. 93-148.

COELHO NETTO, A.L. (2003). Evolução de cabeceiras de drenagem no médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): bases para um modelo de formação e crescimento da rede de canais sob controle estrutural. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 4(2), p. 69-100.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; e CUNHA, S. B.(org.). **Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos**. 6ªed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2005. Cap. 3. p. 93-148.

COUTINHO, H.L.C; CASTRO, S.S; TURETTA A. P. D; Monteiro J. M. G; TRINDADE, S.P; PIETRAFESA, J. P; VILELA, B. P; NUNES, E.D; RODRIGUES, H. S; NOGUEIRA, A, P. Políticas públicas, funções de uso da terra e indicadores de sustentabilidade da expansão canavieira no Sudoeste Goiano. *Revista Ambiente & Sociedade*. 2013. No prelo.

CRUZ, O. Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba – S. Paulo. Tese de Livre Docência. FFLCH-USP, S. Paulo, 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 106 p.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas Dinâmicos: As Abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In VITTE, A. C; GUERRA, A, J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2004. p. 89 - 110.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and General Systems Theory**. In *Theoretical Papers in the Hydrologic and Geomorphic Sciences*, 1962. p. 1 - 9.

CHORLEY, R. J. Modelos em geomorfologia. In CHORLEY, R. J; HAGGETT, P. (Coord. Edit.). **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Tradução de Arnaldo V. de Medeiros; revisão de Antônio O. Ceron e Antônio Christofolletti. Rio de Janeiro: Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 270 p.

CHOORL, J. M.; SONNEVELD, M.P.W.; VELDKAMP, A. Three dimensional landscape process modeling: the effect of DEM resolution. *Earth surface processes and landforms*, Sussex, 2000. v. 25, p. 1025-1034.

CNPS - EMBRAPA SOLOS. Novos paradigmas no conhecimento de solos frágeis para a produção agrícola sustentável do Brasil. Edital: MCT/CNPq/MEC/CAPES/CT AGRO/CT HIDRO/FAPS/EMBRAPA. Rio de Janeiro, 2010 n. 22. p. 45.

D'AGOSTINI, L. R. Erosão: o problema mais que o processo. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 131 p.

DE BIASI, Mário. A carta clinográfica: Os Métodos de Representação e sua Confecção. *Revista de Pós-Graduação da USP*. São Paulo, n.6, p. 45-53, 1992.

DE-CAMPOS, A. B; LUIZ, G. C; MACEDO, R. A. R. de; PEIXOTO, V. M. R. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no estado de Goiás. In ALMEIDA, M. G. de. (Org.). **Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, 2002. p. 91 - 118.

DIAS, F. M.; MICELI, B.S.; SEABRA, F.M.; SANTOS, P.R.A. dos.; MANOEL, do C, F. Avaliação vertical de modelos digitais de elevação (MDE) em diferentes configurações topográficas para médias e pequenas escalas. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. *Anais...Curitiba*, 2011. p. 4110 - 4117.

DIKAU, R. Derivatives from detailed geoscientific maps using computer methods. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 2, n. 80, p. 45-55, 1990.

DRAGO V. A et al. Geologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.22 Goiás: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. P. 27-299. (Levantamento de Recursos Naturais, 25).

DYLIK, J. Notion du versant en geomorphologie. *Bull. Acad. Pol. Sci. Série des Sc. Geol. Geogr.*, 16(2); 125-132, 1968.

DUNNE, T. Hydrology, mechanics and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. In: HIGGINS, C. G.; COATES, D. R. (Ed.). *Groundwater Geomorphology*. Seattle, Washington: Geological Society of America, Special Paper, n. 252, p. 1-28, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353 p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) (1989) Normas e critérios para levantamentos pedológicos. SNCLS, Rio de Janeiro.

ESTEVAM, L. O tempo da transformação: estrutura e dinâmica da formação econômica de Goiás. 2ª ed. Goiânia: Ed. da UCG, 2004. 238 p.

FLOREZANO, T. M. G. Sensoriamento Remoto para a Geomorfologia. In FLORENZANO, T. M. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008. p. 36- 65.

GEORGE, F. H. O Uso de Modelos na Ciência. In CHORLEY, R. J; HAGGETT, P. (Coord. Edit.). **Physical and information models in geography**. Tradução de Arnaldo V. de Medeiros; revisão de Antônio O. Ceron e Antônio Christofolletti. Rio de Janeiro: Editora da Universidade de São Paulo, 1975. p. 20 - 31.

GERRARD, J. Soils and landforms: An integration of geomorphology and pedology. London, Allen and Un. Press Pub, 1981. 219 p.

GILBERT, G. K. (1914). The transportation of debris by running water. U.S.G.S., Prof. Paper, 86, 262 p.

GILBERT, G.K. (1877) Report on the Geology of the Henry Mountains (INTRO ONLY) US Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountain Region, Department of the Interior, pp. i-17

GIRARDI, E. P.; Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira. Presidente Prudente – FCT, tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP - Campus de Presidente Prudente para a obtenção de título de doutor em geografia, 2008;

GOMES, H. TEIXEIRA NETO, A. Geografia: Goiás – Tocantins. 2º ed. Goiânia: Editora UFG, 2004. 227 p.

GOUDIE, A.S. Encyclopedia of Geomorphology. Londres: Taylor & Francis e-Libra-ry. v. 1 - A-1, 2006.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 7º Edição. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1994. p. 149 - 199.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 3 Ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2007. p. 17-50.

HAMELIN, L.E. Géomorphologie: géographie globale-géographie totale. Cahiers de Géographie de Québec. V. VIII, n. 16, p. 199-218. Tradução de A. Christofolletti. Not. Geomorfológica, 13/14, p. 3-22, Campinas, 1964.

IANHEZ, A. C. et al., Geologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE. 22 Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. p. 23-348.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Carta Geotécnica de São José dos Campos. São Paulo. 1ª edição. 1996. São Paulo: IPT, 10/10/1996. 43p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo: Bacia do Pardo Grande. São Paulo, v.3. 1990.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Bacia do Peixe/Parapanema. São Paulo: IPT. v. 2 (Relatório Técnico 24. 739), 1986.

IPT- METAIS DE GOIÁS. Investigação, caracterização da fenomenologia e diretrizes para o controle corretivo e preventivo de nove feições erosivas lineares e respectivas bacias de contribuição, Bacia do Alto Araguaia, GO/MT. (Relatório Técnico 36. 904) 1998. 90 p.

JOHNSON, L.C. Soil loss tolerance: Fact or myth? J. Soil Water Conserv., 42:155-160, 1987.

KIRKBY, M. J. (Ed.). Process, Models and Theoretical Geomorphology. Chichester: John & Wiley, 1994. 417 p.

KIRKBY, M. J.; BISSONAI; COULTHARD, T. J.; DAROUSSIN, J. & MCMAHON, M. D. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion. Agriculture, Ecosystems & Environment 81(2):125-135. 2000.

KISSINGER, M., REES, W.E., TIMMER, V. Interregional sustainability: governance and policy in an ecologically interdependent world. *Environmental Science & Policy* 14, 965-976, 2011.

LACERDA FILHO, J. V.; FRASCA, A. A. S. In: *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500.000*. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.

LACERDA FILHO, J. V. de.; FRASCA, A. A. S. Compartimentação Geotectônica. In: MOREIRA, M. L. O. et al., (Org.). *Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal*. Goiânia: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008. 143 p.

LACERDA, M.P.C.; BARBOSA, I.O.; MENESES, P.R.; ROSA, J.W.C. & ROIG, H.L. 2005 Aplicação de geotecnologias em correlações entre solos, geomorfologia, geologia e vegetação nativa no Distrito Federal, DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia, 2005. Anais. Goiânia, INPE. p.2211-2218. CD-ROM.

LACERDA, M.P.C., BARBOSA I.O., ALVES, H. M. R.; VIEIR, T.G. C. 1989 Modelagem Pedomorfogeológica para o Mapeamento de Solos. EPAMIG.

LAL, R. Soil erosion in the tropics - principles and management. McGraw-Hill, 1990.

LAL, R. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbone missions and advancing global food security. Washington: BioScience, 60: 708-721. 2010. 60 p.

LANE, L.J.; SHIRLEY, E.D.; SINGH. V.P. Modeling erosion on hillslopes. In: M.G. Anderson (ed.) "Modeling Geomorphological Systems". John Wiley, Publ., NY, p.287-308, 1988.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. Mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás, 2006.

LIMA, E.R.V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. *Revista Cadernos do Logepa - Série Pesquisa* Ano 1, n. 1 - Jan/Jun de 2003.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: Instituto Agrônomo, Boletim Técnico 27, 1975.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, Boletim Técnico 28, 1975.

LOMBARDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, 51:189-196, 1992.

MAGALHÃES, V. L. Gênese e evolução de sistemas pedológicos em unidade de paisagem do município de Marechal Cândido Rondon-PR. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Maringá - PR, 2013.

MAMEDE, L. Geomorfologia: abordagem sistêmica em uma microbacia. *Revista Geografares*. Vitória - ES. v 1 n° 1, junho 2000. Disponível em: < <http://periodicos.ufes.br/geografares/article/viewFile/1163/875> > Acesso em 21 abr. 2013.

MAMEDE, L.; ROSS, J.S.; SANTOS, L.M.; NASCIMENTO, M.A.L.S. Geomorfologia. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SD.22, Goiânia. Rio de Janeiro: Levantamento de Recursos Naturais 31: 349-412, 1983.

MANZATTO, Celso Vainer (Org.) et al., Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55p. (Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 110).

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Org.). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 7º Edição. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1994. p. 23 - 45.

MARINHO, G.V.; CASTRO, S.S. (2003) Estudo de piezometria com ênfase aos processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia/GO. In: CBCS, XXIX, SBRS Ribeirão Preto. Anais CDROM.

MARINHO, G.V. Caracterização Físico-Hídrica e da Suscetibilidade Erosiva Linear dos Solos da Sub-bacia do Córrego Queixada, na Alta Bacia do Rio Araguaia - GO. 2003. 163 p. Tese (Dissertação de Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2003.

MARINHO, G. V.; CASTRO, S. S. de.; DE CAMPOS, A. B. de. Hydrology and gully processes in the upper Araguaia River basin, Central Brazil. *Zeistrich Geomorphology*, Berlin - Stuttgart, Vol. 154 p. 119 - 145, 2006.

MARTINS, M. S. Substrato geológico e suas relações com os processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. 2000. 63 p. (Monografia) – Universidade Federal Goiás, GO, 2003.

MATTOS, R. S e VEIGA, A. Otimização de entropia: Implementação Computacional dos Princípios Maxent e Minxent. **SciELO Brazil**, 2002. Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382002000100003>.
Acesso em: 22 mar. 2007.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 5 n.1, p. 11-18, 2004.

MEDEIROS, L.C; FERREIRA, N.C; FERREIRA, L.G. Avaliação da qualidade altimétrica dos modelos digitais de elevação obtidos a partir da missão SRTM e de curvas de nível do Mapeamento Sistemático Nacional na escala 1:100.000 para o estado de Goiás e Distrito Federal. *Anais do IX Simpósio Nacional do Cerrado e do II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais*. Brasília, DF, 2008.

MEDEIROS, L.C.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, L.G. Avaliação da qualidade altimétrica dos modelos digitais de elevação obtidos a partir da missão SRTM e de curvas de nível do Mapeamento Sistemático Nacional na escala 1:100.000 para o estado de Goiás e Distrito Federal. In: *Simpósio Nacional do Cerrado e do II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Anais...* Brasília: EMBRAPA, 2008.

MENDONÇA, F. A. & DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.

MERRIT, W.S; LETCHER, R.A; JAKEMAN, A. J. A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, Camberra, v. 18, p. 761-799, 2003.

MINELLA, J.P.G., et al., Aspectos da calibração de turbidímetros para a estimativa da concentração de sedimentos em suspensão, VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Campo Grande-MS, Anais... 2008.

MOREIRA, C. V. R; FERREIRA, O. C: JUNIOR, P. P. M. Aplicação da Termodinâmica para a Avaliação do Equilíbrio das Redes Fluviais - a Bacia do Rio Santo Antônio. 132. **Economia e Energia**, 2003. Disponível em: <<http://ecen.com/eee36/termodinamc.htm>>
Acesso em: 22 nov. 2007.

MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13; n. 1; p. 3 - 46. Rio de Janeiro, 1951.

MITASOVA, H., and L. MITAS, 1999, modeling soil detachment by RUSLE 3d using GIS. Disponível em <<http://www2.gis.uiuc.edu:2280/modviz/erosion/usle.html>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

MITASOVA, H; BROWN, W. M; JONSTON, D. M. Simulação e modelagem do terreno a erosão do solo. Relatório final. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2002.

MITASOVA, H. et al., Real-time Human Interaction With Landscape Models Using a Tangible Geospatial Modeling Environment. IEEE Computer Graphics & Applications, Special Issue - GeoVisualization, North Carolina, v. 26, p. 55 - 63. 2006.

MITASOVA, H.; BROWN, W. M.; JOHNSTON, D. M. Terrain modeling and soil erosion simulation final report. Final report for USA CERL. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL. 2002.

MOMOLI, R.S. Solos sob matas ciliares: dinâmica deposicional e mitigação de impactos da erosão. Tese de Doutorado, ESALQ-USP. São Paulo, 2011.

MONTEIRO, C. A. F Notas para o estudo do clima do centro-oeste brasileiro. Rio de janeiro, Revista Brasileira de Geografia, v. 13, n. 1, pp.3-46, 1951.

MORGAN, R. P. C. Soil Erosion and Conservation. Third edition. Blackwell publishing. Oxford U. K. 2005. 316 p.

MORGAN, R.P.C. Soil Erosion and Conservation, 3rd edition. Blackwell Publishing, Oxford, 2005. 304 p. ISBN 1-4051-1781-8.

MORGAN. R. P. C. Soil Erosion and Conservation. Longman Scientific and Technical, Longman Group, UK, New York. 1986.

MUNIZ, J.N., RAMOS, M.M. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba. FUNARBE/Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais - Rural Minas, 1999.

NOVAES, A.S.S.; AMARAL, F.O.; VIEIRA, P.C.; FRAGA, A.G.C. Levantamento Exploratório dos Solos. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE22, Goiânia. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais, 31: 413-576, 1983.

NARDIN, C.F.; PEDROSA, A.S. A análise multifatorial como método de análise da suscetibilidade à erosão laminar: o exemplo do Triângulo Mineiro. I Simpósio Mineiro de Geografia-Alfenas, MG, 2014.

NIMER, E. Clima na Região Centro-Oeste. **Fundação IBGE**. Rio de Janeiro - RJ, 1989.p. 23-34.

NISHYAMA, L. Erosão do solo: uma visão integrada dos fatores e processos que condicionam o seu desenvolvimento. Seminários Gerais em Geotecnia. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1995.

NOVAES, A. S. S. et al., Levantamento Exploratório dos Solos. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE22. Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro 1983. p. 413-576.

NUNES, E; CASTRO, S.S. Distribuição de focos erosivos lineares e sua relação com a compartimentação morfopedológica do município de Mineiros – GO. Res. COMPEEX UFG, 2013.

NOVAES, A.S.S.; AMARAL, F.O.; VIEIRA, P.C.; FRAGA, A.G.C. Levantamento Exploratório dos Solos. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SE22, Goiânia. Rio de Janeiro. Levantamento de Recursos Naturais, 31: 413-576, 1983.

OLDEMAN, L.R.; HAKKELING, R.T.A.; SOMBROEK, W.G. World Map of the Status of Human Induced Soil Degradation, with Explanatory Note (second revised edition). ISRIC, Wageningen; UNEP. Nairobi, 1991. 34 p.

OLDEMAN, L. R.; HAKKELING. R. T. A.; SOMBROEK. W. G. World Map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen - United Nations Environment Programme, Nairobi, 1990. 27 p.

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira. Processos Erosivos de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. IN: Erosão e Conservação dos Solos, Conceitos, Temas e Aplicações. GUERRA, J, T; SILVA, A, S; BOTELHO, R,G,M. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

OLIVEIRA, A.M.S.; SALOMÃO, F.X.T. (1992). Erosão e assoreamento. In: *Tecnologia, ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: IPT. p. 47-54.

OLIVEIRA, M.A.T.; MEIS, M.R.M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). Geociências, S. Paulo (4):87-99, 1985.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. P.; GRIEBELER, N. P. Intensidade duração frequência de chuvas intensas para algumas localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.35, p.13-18, 2005.

OREAR, J. **Fundamentos de Física 1**. Tradução e Coordenação de Equipe: Jaime Oltramari. Rio de Janeiro: Editora MacGraw - Hill do Brasil, 1983. 229 p.

PASSOS, J. C. Carnot e a Segunda Lei da Termodinâmica. **ABENGE**, 2003. Disponível em <http://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/em_periodicos/2003/ABENGE/passos.pdf> Acesso em: 19 abr. 2008.

PAULA, E. V. Análise do Processo de Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina: Uma Abordagem Geopedológica. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PENNOCK, D. J.; JONG, E. DE. The influence of slope curvature on soil erosion and deposition in hummock terrain. *Soil Science*, v. 144, Issue 3, p. Sept, 1987.

PIMENTEL, M. M. Processos Erosivos. In CARVALHO, J. C. de; SALES, M. M; SOUSA, N. M. de; MELO, M. T. da S. (Org.). *Processos Erosivos no Centro Oeste Brasileiro*. Brasília: Editora FINATEC, 2006. p. 39-91.

PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. *Hidrologia de Superfície*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

TOMAZ, Plínio. *Hidrogramas do Método Racional*. 2013a Disponível em:. Acessado em: 14 de agosto de 2014.

POLASKY, S., CARPENTER, S.R., FOLKE, C., KEELER, B. Decision-making under great uncertainty: environmental management in an era of global change. *Trends in Ecology & Evolution* 26, 398-404, 2011.

PORTO, Claudio Gerhein. Intemperismo em regiões tropicais úmidas. In GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 2º edição. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1998. p. 25-54.

PORTO, R.; ZAHED, K.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M., org. *Hidrologia- Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: ABRH, 2004.

PRUSKI, F. F. Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010. 279p.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. (2004) *Escoamento Superficial*. 2ª ed. Ed. Viçosa - UFV.

QUEIROZ NETO, J. P. (2011) Relação entre solo e vertente: uma revisão. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, p. 15-24, 2011.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL D. K.; YODER, D. C. (Coord.). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, n. 703, 1997, 404 p.

RESENDE, Abelson de. Estudo do Processo de Voçorocamento na Bacia do Córrego Capivara - Alta Bacia do Rio Araguaia, em Mineiros (GO). 2003. 148 p. Tese (Dissertação de Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2003.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Brasília, Embrapa Cerrados. 1998. p. 87 - 166.

RIBEIRO, J. C.; SALOMÃO, F. X. de T. Abordagem morfopedológica aplicada ao diagnóstico e prevenção de processos erosivos na bacia hidrográfica do alto rio da casca, MT. Revista Geociências, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 83-95, 2003.

RUELLAN, A; DOSSO, M. (1993) Regards sur le sol. Montpellier, Universités Francophones. Les Editions Foucher, 1993. 192p.

RUELLAN, A. (2005) Classification of Pedological Systems: a Challenge for the Future of Soil Science. Annals of Agrarian Science, Tbilisi (Georgia), vol. 3, nº 3, p. 24-28.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção de Processos Erosivos. In GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos. (Org.). 3º Edição Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2007. cap. 7, p. 229-265.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.) Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. P. 340.

SALOMÃO, F. X. de T. Erosão e a Ocupação Rural e Urbana. In: Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais. 3º edição, São Paulo: AGAMA/DIGEM, 1992. p. 44-71.

SALOMÃO, F. X. T. Processos Erosivos Lineares em Bauru (SP): Regionalização Cartográfica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural. 1994. 200p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1994.

SANDER, G. C.; HAIRSINE. P. B.; BEUSELINCK, L.; GOVERS, G. Steady state sediment transport through an area of net deposition: multi-size class solutions. Water Resources Research, Arizona, 2002. v. 38, n. 06, 23 p.

SANTOS, D.S.; LEMOS, R.C., SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ª, ed. Editora Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: 2005. Embrapa-CNPS, 92 p.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2007. n. 190, 33 p.

SANTOS, H. G. dos; HOCHMÜLLER, D. P; CAVALCANTI, A. C.; RÊGO, R. S.; KER, J. C.; PANOSO, L. A.; AMARAL, J. A. M. do. 1995. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. p 306.

SANTOS, M.C.S.R. Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos. São Paulo: IPT, 1989. 53 p.

SANTOS, P.R.A. dos. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. Rio de Janeiro, RJ: Depto. de Engenharia - Instituto Militar de Engenharia. (Mestrado em Engenharia Cartográfica), 2005.p 125.

SCHMIDT, J., VON WERNER, M., MICHAEL, A. (1999) Application of the EROSION 3D model to the CATSOP watershed, The Netherlands. Catena 37, 449–456.

SPAROVECK, G. & VAN LIER, Q. J. Definition of tolerable soil erosion values. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 21:467-471, 1997.

SILVA, M.L.N.: CURI, N; FERREIRA, M.M.: LIMA, J. M.: FERREIRA, D.F. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de Latossolos brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.12, p.2287-2298, 1999.

SILVA, R. A. A. Arenização/Desertificação no setor sul da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT): distribuição e fatores condicionantes de formação dos areais. 2006. Dissertação (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, GO, 2006.

SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais. 2010. p 153. Tese (Tese de Doutorado em Geografia) - Curitiba, PR, 2010.

SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 8, 2009, São Paulo. Mensagem da comissão organizadora. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2009. Disponível em: < <http://www.acquacon.com.br/8snce> > Acesso em: 12 set. 2013.

SOUZA, J.O.P.; DUARTE, C.C. Análise da precisão altimétrica dos modelos digitais de elevação para área semiárida, Serra da Baixa Verde, Pernambuco. In: 9º Simpósio Nacional de Geomorfologia, Rio de Janeiro, 2012. p. 1-4.

TEIXEIRA, A. (1999). Avaliação de Efeitos do Recobrimento Orgânico nos processos Erosivos laminares em Taludes de corte Rodoviário na Região de Ribeirão das Neves MG. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TRICART, J. Mise en point: l'évolution des versants. L'information géographique, (21):108-15, 1957.

TRICART, J. & KILIAN, J. L'éco-geographie et l'aménagement du milieu naturel. Paris: Livraria Française, 1978.

TROEH, F. R. Land form equations fitted to contour maps. Soil Science Society American Journal. New York, 1965. v. 263, p. 616-27.

TUBELIS, A. Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980.

TUCCI, C. E. M. & GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L.; Barros, M. T. - organizadores; Drenagem Urbana, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, volume 5, Editora da Universidade, Porto Alegre. 1995.

UNEP. World Atlas of Desertification. MIDDLETON, N. J.; THOMAS, D. S. G. (Ed.). Edward Arnold: A division of Hodder and Stoughton, London, p. 38-39. 1992.

UNESCO. International Hydrological Programme. Modelling erosion, sediment transport and sediment yield. Technical Documents in Hydrology. n. 60, Paris, 2002.

VALERIANO, M. de M.; ROSSETTI, D. de F. TOPODATA: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos: INPE, 2008. 50 p. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/topodata/documentos.php> >. Acesso em: 05 Jan. 2014.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: Teresa G. Florenzano. (Org.). Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008, Cap. 3, p. 72-104.

VELDKAMP, A.; KOK, K.; DE KONING, G.H.J.; SCHOORL, J.M.; SONNEVELD, M.P.W.; VERBURG, P.H. Multi-scale system approaches in agronomic research at the landscape level. *Soil & Tillage Research* 58 129±140, 2001.

VENTE, J; POESEN, J. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v 71, p. 95-125, 2005.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; DE CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. *Tópicos Ciência do Solo*, 4:145-192, 2005.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VILLATE, J. E. **Introdução aos Sistemas Dinâmicos: Uma abordagem Prática com Máxima**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto - Portugal, 2006.

WILLIAMS, J.R. (1975). Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. Washington, D.C.: USDA-ARS Handbook 5-40, 1975. 228 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. *Trans. Int. Congr. Soil Sci.*, 1960. 7 th, p. 418-425.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. Washington, USDA, Agricultural Handbook n. 537, 1978.

WOLF, J. et al., Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy. *Agricultural systems*, v. 76, p. 841-861, 2003.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophysics. Union*, 39:285-291, 1958.

WISCHMEIER, W. H; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. EUA Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 537, 1978.

ZACHAR, D. Soil Erosion. Bratislava (Czechoslovakia): Elsevier, *Developments in Soil Science*, 1982, n. 10, 547 p.

ZDENKOVIC, L. M; SCHEIDEGGER, E. A. Entropy of landscapes. **Zeitschrift Fur Geomorphology**. Berlin-Stuttgart, 1989. p. 361 - 371.