

DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL EM NASCENTES: ESTUDO DE CASO EM CAMPO MOURÃO – PARANÁ

Geoenvironmental diagnosis of sources: case study in Campo Mourão –Paraná

Diagnóstico geoambiental en nacientes: estudio de caso en Campo Mourão – Paraná

Letícia Braga da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão
lebraga_silva@yahoo.com.br

Maristela Denise Moresco Mezzomo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão
maristelamezzomo@gmail.com

Morgana Suszek Gonçalves

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão
morgana@utfpr.edu.br

Resumo: Uso do solo por atividades agrícolas e ocupações antrópicas próximas a nascentes podem promover problemas de ordem ambiental, as quais, em alguns casos, desencadeiam prejuízos econômicos e complicações sociais. Diagnósticos de riscos e problemas nestas áreas, podem contribuir para um planejamento adequado, evitando estas complicações. Considerando esta temática de uso e ocupação que colocam em riscos nascentes, este artigo apresentar um estudo de caso que teve como foco fazer um diagnóstico geoambiental de três nascentes do principal rio que abastece a cidade de Campo Mourão, localizada na mesorregião centro-ocidental do Paraná. Por meio da caracterização do ambiente físico e trabalhos de campo, foram definidos geofatores, considerando processos geodinâmicos e aspectos legais. Posteriormente, foi elaborada uma proposta de restrições ambientais para uso e ocupação urbana e rural, sendo definidas quais áreas possuiriam restrição I – sem ocorrência dos geofatores; restrição II – para áreas que necessitam de técnicas de conservação do solo; restrição III – para áreas que não podem ser ocupadas devido à presença de áreas de preservação permanente. Os resultados apontam que das três nascentes estudadas, uma delas apresenta maior quantidade de riscos e problemas devido a associação de dois fatores: ausência de um sistema de drenagem urbana o qual acaba por direcionar as águas pluviais para esta nascente e a não manutenção efetiva de estradas rurais.

Palavras-chaves: Geofatores; Processos erosivos; Práticas conservacionistas.

Abstract: The purpose of this study was to present a geoenvironmental diagnostic of the three sources of Campo River which supplies the city of Campo Mourão, in Paraná state. Through field work characterization of the physical environment, it was defined geofactors by considering geodynamic processes and legal aspects. Afterwards, it was developed a proposal for environmental restrictions for urban and rural to use and occupation next to the sources and set which areas would have restriction I - no occurrence of geofactors; restriction II - for areas requires soil conservation techniques; restriction III - for areas that must not be occupied due the presence of permanent preservation areas.

Keywords: Geofactors; Erosive processes; Conservationist practices.

Resumen: El objetivo de este artículo es presentar un diagnóstico geoambiental de tres nacientes del Río del Campo, principal río que abastece a la ciudad de Campo Mourão, Paraná. A través de la caracterización del ambiente físico y trabajos de campo, se definieron geofactores teniendo en cuenta procesos geodinámicos y aspectos legales. Posteriormente, se elaboró una propuesta de restricciones ambientales para uso y

ocupación urbana y rural en las nacientes, siendo definidas cuales áreas poseerían restricción I - la no ocurrencia de geofactores; restricción II - para las áreas que necesitan técnicas de conservación de suelo; restricción III - a zonas que no pueden ser ocupadas debido a la presencia de áreas de preservación permanente y ojo de agua intermitente.

Palabras clave: Geofactores; Procesos Erosivos; Prácticas de conservación.

INTRODUÇÃO

O uso e a ocupação inadequados em áreas de nascentes em ambientes urbanos e rurais se constituem a problemática central aqui apresentada. Ocupação irregular e regular em áreas de nascente têm se tornado um problema crescente, gerando, em muitos casos, poluição e contaminação das águas, desencadeamento de processos erosivos e, conseqüentemente, assoreamento e soterramento das nascentes. As conseqüências relacionadas a isso, podem chegar a níveis extremos, como no caso da diminuição das fontes de abastecimento e rebaixamento de lençóis freáticos, levando a escassez de água, conforme verificado nos últimos anos em alguns estados brasileiros.

A temática do uso e ocupação em áreas de nascentes tem se tornado tema de diversos estudos (GOMES et al, 2005; ALBUQUERQUE, 2007; RODRIGUES E AUGUSTO FILHO, 2009), já que no Brasil, o uso da água de rios e nascentes são as principais fontes utilizadas para abastecimento público – podendo chegar até 200 litros por pessoa diariamente – assim como para o desenvolvimento de atividades econômicas (indústria e agropecuária) – (SALATI et al., 2006).

Conforme o relatório sobre a conjuntura dos recursos hídricos no Brasil para 2012, organizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2012), a maior quantidade de água por vazão de retirada e vazão consumida no Brasil envolve as atividades agrícolas, sendo a irrigação¹ a maior consumidora cerca de 50% e 70%, respectivamente. Este montante se deve ao grande número de áreas irrigadas no país que soma mais de 5,4 milhões de ha.

A região Sul do Brasil foi por muito tempo a que apresentou a maior área irrigada do país, passando, atualmente, a ser a segunda região, com cerca de 1,2 milhões de ha de área, estando atrás da região Sudeste que soma quase 1,6 milhões de ha de área irrigada. Dos três estados do Sul, o Rio Grande do Sul é o que mais utiliza água para irrigação, com cerca de 80% do total. Santa Catarina representa 11%, enquanto que o Paraná soma 9% do total irrigado da região (ANA, 2012). Estes dados evidenciam que o uso da água para manutenção de atividades econômicas no meio rural é elevado e, quando somadas a dados da indústria e abastecimento doméstico, reforçam que as fontes de água precisam ser consideradas como uma prioridade em termos de planejamento e isso não somente em termos de qualidade, mas sim em quantidade.

Nesta perspectiva, a preocupação se volta para os riscos e problemas que se desenvolvem relacionadas as nascentes. A legislação brasileira, por meio do Código Florestal (BRASIL, Lei nº 12.651/12) institui a obrigatoriedade de Áreas de Preservação Permanentes (APP) o que, de certa forma, já legitima esta preocupação. Porém, o problema parece envolver duas situações: o não cumprimento da legislação e a forma de entendimento em relação aos elementos naturais. Nesta segunda situação, a problemática está relacionada ao fato de que os elementos naturais são, muitas vezes, considerados pelos projetos e ações de planejamento, de forma fragmentada e não como um conjunto sistêmico e dinâmico. Isso faz com que, no caso das nascentes, as mesmas sejam vistas de forma isolada na paisagem, sem considerar que mantêm relações com a vertente (relevo), com as águas superficiais e subsuperficiais, com a vegetação, com o solo, clima, etc.

Esta fragmentação acaba por não potencializar ações que eliminem riscos e problemas que estão, justamente, relacionados com a dinâmica envolvida na paisagem e não somente com a nascente de forma isolada. Para tanto, entende-se que tanto diagnósticos quanto prognósticos, deveriam utilizar a abordagem sistêmica enquanto método, tendo em vista que esta abordagem – baseada na Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy – conta com base analítica e prática que pode ser aplicada em várias ciências (GREGORY, 1992).

Diversas metodologias podem ser aplicadas utilizando a abordagem sistêmica como método. Na área de Geociências, destaca-se a metodologia proposto por Matula e Letko (1980) em um estudo na Bratislavia

¹ A distribuição do total de vazão retirada e vazão consumida, respectivamente são: irrigação com 54% (1.280 m³/s) e 72%; abastecimento humano urbano com 22% (522 m³/s) e 9%; indústria com 17% (404 m³/s) e 11%; animal com 6% (143 m³/s) e 11%; e rural com 1% (24 m³/s) nas duas categorias (ANA, 2012).

(Tchecolováquia). Os autores apresentaram três grupos denominados de geofatores, os quais tem por objetivo apresentar limitações ao uso e ocupação do solo. A metodologia classifica três situações: Geofator A, aquele que põe em perigo o desenvolvimento urbano; Geofator B, os elementos que limitam a sustentabilidade de construções antrópicas; e Geofator C, os elementos ambientais que devem ser protegidos dos impactos da urbanização. Estes geofatores ainda possuem uma classificação de intensidade conforme três critérios: I - Não afeta o desenvolvimento urbano ou sua influência é desprezível; II - A urbanização é concebível somente com medidas corretivas necessárias; III - Praticamente impossível o seu uso, ou somente através do uso de técnicas longas e custosas para manter a durabilidade dos recursos naturais.

No Brasil, esta metodologia de geofatores foi estudada e adaptada em um estudo geotécnico do perímetro urbano e de sua área de expansão no município de Jaú (SP) por Rodrigues (2008) e disponibilizado por Rodrigues e Augusto Filho (2009). Os autores utilizaram os geofatores para a classificação das áreas quanto ao grau de restrição à ocupação urbana, sendo: Geofator A, a geodinâmica externa do solo que afeta a ocupação urbana e rural, como presença de sulcos, ravinas, voçorocas, erosão laminar e áreas inundáveis; Geofator B, as características do solo e da rocha que podem limitar o uso e ocupação do solo, como declividade, afloramentos rochosos, profundidade do nível d'água; e Geofator C, as áreas que não estão destinadas à ocupação, pois são APPs. A escala de classificação de intensidade também foi adaptada por Rodrigues e Augusto Filho (2009) sendo apresentados em graus de acordo com a incompatibilização urbana: 1º grau: influência desprezível; 2º grau: implica em medidas corretivas; 3º grau: inviável.

Esta metodologia demonstrou ser interessante para estudos relacionados aos aspectos geotécnicos, conforme exposto por Rodrigues e Augusto Filho (2009), sendo possível expandir para outros temas ambientais, como no caso da expansão urbana e rural sobre áreas de nascentes, uma vez que possibilita verificar, riscos e problemas e assim indicar limitações de uso e ocupação.

Nesta perspectiva, considerando a abordagem sistêmica como método e a metodologia de geofatores, foi desenvolvido um estudo de caso em três nascentes do rio que abastece parte do município de Campo Mourão, localizado no estado do Paraná. O objetivo do estudo foi elaborar um diagnóstico geoambiental a partir da metodologia proposta por Rodrigues e Augusto Filho (2009), tendo em vista, principalmente, a verificação de riscos e problemas ambientais, com a indicação de restrições de uso. Partiu-se da hipótese de que o uso e a ocupação do entorno das nascentes estariam apresentando riscos e problemas para as nascentes e rio.

MATERIAL E METÓDOS

As três nascentes estudadas formam, juntamente com outras, o rio do Campo e estão situadas em um distrito do município de Campo Mourão, denominado de Piquirivaí. Para o estudo de caso, foi estipulado uma área de abrangência conforme destacado na Figura 1.

As etapas de trabalho contaram com pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica sobre os temas paisagem, planejamento, geofatores, bacia hidrográfica, nascentes e erosão. Na sequência foi realizada a caracterização ambiental da área de estudo, seguido de trabalhos de campo para verificação *in loco* e coleta de solo para análise granulométrica. Posteriormente, em posse dos dados e informações foi elaborada uma figura ilustrativa com restrições em relação ao uso e ocupação.

NASCENTES DO RIO DO CAMPO

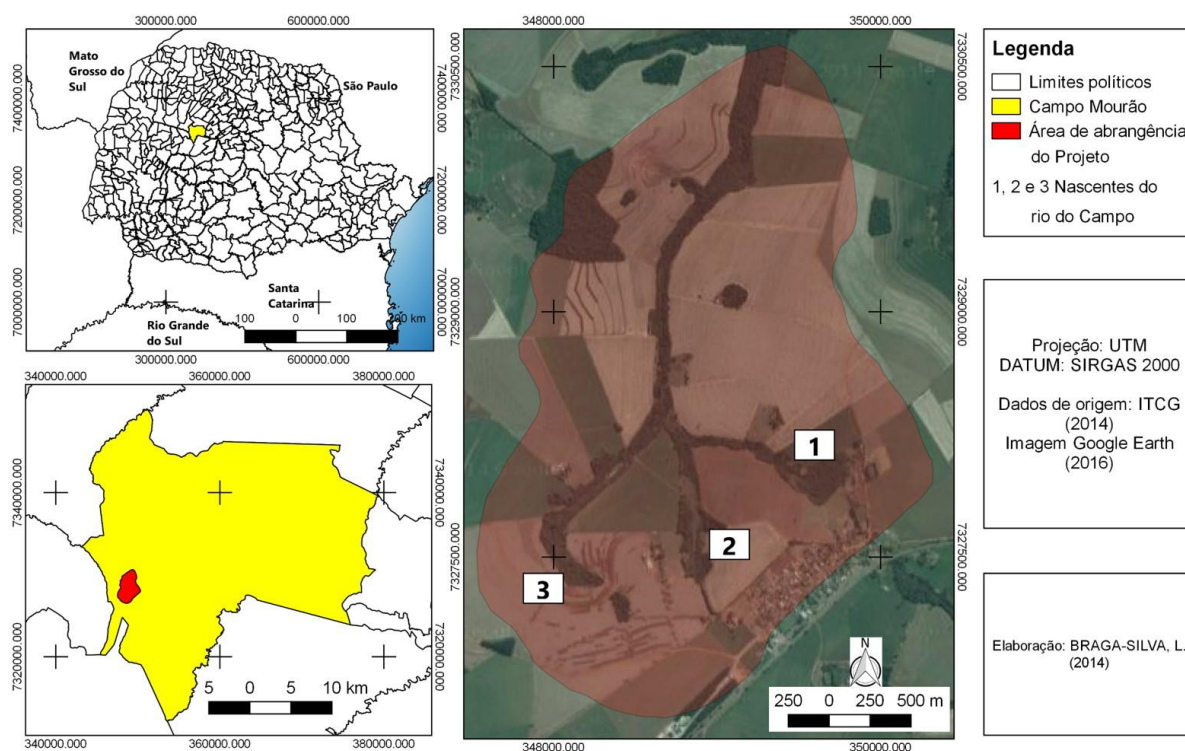


Figura 1 – Localização do município de Campo Mourão no estado do Paraná e das nascentes do rio do Campo. Fonte: Google Earth®, 2013.

A caracterização da paisagem da bacia hidrográfica que abrange as três nascentes do rio do Campo foi feita por meio de materiais disponíveis em sites de institutos públicos (ITCG - Instituto de Terras Cartografia e Geociências, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná e MINEROPAR – Serviços Geológico do Paraná.). Os elementos da paisagem identificados foram geologia, geomorfologia, hidrografia, solos, clima, vegetação e uso e ocupação.

Foram realizados cinco trabalhos de campo para coleta de dados e informações ao longo dos anos de 2013 e 2014, realizado registro fotográfico, coleta de solos, medições e visualização de processos. A determinação de geofatores foi baseada nas metodologias de Matula e Letko (1980) e Rodrigues e Augusto Filho (2009), resultando em três geofatores, denominados A, B e C, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Determinação dos Geofatores

GEOFATORES	DESCRIÇÃO	METODOLOGIA
Geofator A	- Presença ² de erosão linear - Presença de erosão laminar - Presença de áreas inundáveis	- observações <i>in loco</i>
Geofator B	- Presença de afloramentos rochosos - Declividade e presença de rupturas de declive - Textura do solo	- afloramentos verificados por meio de observações <i>in loco</i> ; - declividade verificada por meio de perfis de elevação utilizando o <i>software</i>

² São consideradas a presença ou ausência destes processos devido à dinâmica envolvida, não sendo, portanto, considerados aspectos métricos;

	- Profundidade do nível d'água	<i>Google Earth</i> [®] ; - textura do solo baseada na metodologia de Boulet (1988) e Boulet et al. (1990) (que indica a coleta de solo em um transecto representativo). A granulometria seguiu o método de ensaio de Nogueira (2005).
Geofator C	- Tamanho da APP da nascente ou presença de olho d'água ³ intermitente conforme Código Florestal (Lei nº 12.651/12)	- verificação <i>in loco</i> , por meio de localização e medições das áreas de acordo com o Código Florestal Lei nº 12.651/12 com uso de trena e GPS GARMIN.

Com os resultados dos dados, foi feita a definição de restrições ambientais do uso e ocupação do solo, sendo representada em uma figura que tem como base uma imagem do *Google Earth*[®] confeccionada no *software QGIS* versão 2.0.1, conforme três restrições ambientais de uso e ocupação no Quadro 2.

Quadro 2 – Definição de Áreas de Restrição Ambiental para Uso e Ocupação do Solo

RESTRIÇÕES AMBIENTAIS PARA USO E OCUPAÇÃO DO SOLO		
I	II	III
Áreas sem ocorrência dos Geofatores A, B e C	Áreas que apresentam necessidade de técnicas de conservação no uso do solo (áreas agrícolas) e ocupação do solo (áreas urbanas) devido à presença dos Geofatores A e B	Áreas intermitentes como Olhos d'água, Nascentes e APPs que não podem ser ocupadas. Presença do Geofator C

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área delimitada para o estudo de caso das três nascentes do rio do Campo soma 88.000 m². Esta área apresenta uso e ocupação de atividades urbanas e rurais relacionadas a população residente no distrito de Piquirivaí, somando, aproximadamente, 1.000 pessoas (IBGE, 2010). A área urbana do distrito Piquirivaí não possui sistema de saneamento básico completo, apresentando apenas distribuição de água, a qual é captada diretamente na nascente 2. Não há galerias pluviais e o esgoto doméstico é disposto em fossas negras.

Em relação as características ambientais, a área situa-se em uma transição geológica entre o Grupo Bauru e o Grupo São Bento. O Grupo Bauru, Formação Caiuá, possui arenitos finos e médios, arroxeados de estratificação cruzada de grande porte. Já no Grupo São Bento, Formação Serra Geral, caracterizado por derrames vulcânicos de fissura continental, rochas efusivas básicas toleíticas com basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, cinzentos e pretos, raramente andeístico (MINEROPAR, 2001; 2005).

Geomorfologicamente a bacia do rio do Campo faz parte da Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, da Unidade Morfoescultural Terceiro Planalto paranaense e da Sub-Unidade Morfoescultural denominada de Planalto de Campo Mourão. Esta subunidade caracteriza-se por apresentar,

³ Olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente (BRASIL, Lei nº 12.651/12).

predominantemente, declividades menores que 6%, forma de topos aplainados e alongados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha (SANTOS et al., 2006). A declividade do relevo em que se encontram as três nascentes varia do plano a suave ondulado e moderadamente ondulado, sendo predominante o relevo suave ondulado.

Os solos predominantes na bacia hidrográfica envolvem a classe dos Latossolos Vermelhos Distroféricos de textura argilosa, horizonte A moderado, presente em relevo suave ondulado, e Argissolo Vermelhos Distrófico típico de textura arenosa/média, horizonte A moderado, também presente em relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2007a; EMBRAPA, 2007b).

Segundo o sistema de classificação climática de Köppen (1948), a região em que a bacia se encontra possui clima subtropical com temperaturas no mês mais frio inferiores a 18°C, geadas pouco frequentes e estação sem seca definida. Possui verões quentes com temperaturas superiores a 22°C no mês mais quente com concentrações de chuvas (CAVIGLIONE et al., 2000). Em uma série histórica verificou-se que os meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro apresentam médias pluviométricas mais altas enquanto os meses de abril, junho, julho e agosto foram os meses com menores valores registrados.

A vegetação predominante na área, segundo Roderjan et al. (1993), é um enclave de Floresta Ombrófila Mista Montana com Floresta Estacional Semidecidual Submontana. A Floresta Ombrófila Mista Montana, mais conhecida como Floresta de Araucária, possui extrato arbóreo de 30m e presença de epífitas, já a Floresta Estacional Semidecidual também possui um extrato arbóreo de 30m com expressiva presença de lianas. As duas formações apresentam as classes Latossolo, Argissolo, Cambissolo e Neossolo Litólico.

Estas características da paisagem contribuíram para se obter informações gerais da área estudada, para então se proceder com observações *in loco* considerando os geofatores escolhidos. A presença dos geofatores em cada nascente é apresentada no Quadro 3. A descrição e análise são apresentadas conforme cada nascente.

Quadro 1 - Geofatores presentes em cada nascente do rio do Campo.

GEOFATORES	NASCENTE 1	NASCENTE 2	NASCENTE 3
Geofator A	Presença de erosão laminar e erosão linear (sulcos)	Presença de erosão linear (sulcos e ravinas)	Presença de erosão laminar e erosão linear (sulcos e ravinas)
Geofator B	Declividade 8%	Declividade 12,4% Textura: 17,8% de Argila; 10,9% de Silte; 71,3% de Areia	Declividade 8,6%
Geofator C	42 m de APP	50 m de APP Presença de olho d'água intermitente	45 m de APP

A Nascente 1 possui maior número de residências rurais localizadas da alta vertente para a baixa vertente. A nascente está protegida por cercas e ao redor possui pastagens e plantio agrícola (alternando entre milho, aveia e soja).

O geofator A nesta nascente apresenta erosão laminar e erosão linear em forma de sulcos. As erosões podem estar sendo causadas pela união de fatores como o tipo de solo (Argissolo Vermelhos Distrófico) e falta de práticas conservacionistas efetivas. Nas práticas conservacionistas, verificou-se que não estão sendo utilizadas de forma eficiente, pois os terraceamentos estão erodindo.

A ineficiência dos terraceamentos na área reflete uma situação recorrente em várias regiões do estado do Paraná, que se deve ao rebaixamento dos mesmos para ser utilizado como área de plantio, além do aumento da distância entre os terraços com o objetivo de utilizar maquinários de grande porte (VIEIRA, 2010). Caviglione et al. (2010) afirmam um correto espaçamento entre os terraços envolve a mensuração da declividade, identificação das classes texturais do solo e presença ampla de chuvas erosivas, o que exige intensa experimentação em campo. Diante disso, a retirada, diminuição de altura ou espaçamento de terraços não pode ser uma ação de gabinete, necessitando o reconhecimento das características de cada propriedade agrícola em relação a sua paisagem. Para tanto, a situação constatada é que no entorno da nascente 1 os problemas erosivos são eminentes e se constituem como fatores de risco para possível assoreamento da nascente e do córrego atrelado a esta área (FIGURA 2).



Figura 2 – Nascente 1 com presença de erosão linear em forma de sulcos. Fonte: *Google Earth*[®], 2013. Fotos: Arquivo pessoal.

O geofator B na nascente 1 apresenta, na direção de alta vertente para baixa vertente da nascente, 8% de declividade. Esse valor está dentro do intervalo de 3 a 8% para um terreno com classe de declive suave ondulado. Classes de declividades consideradas altas, tais como 45 a 75%, estão mais sujeitas ao carregamento de massa e processos erosivos do que classes mais baixas (TRENTIN e ROBAINA, 2005). Porém processos erosivos não dependem apenas da declividade do terreno, o que pôde ser verificado.

Em relação ao geofator C, a nascente apresentou um raio de 42m de APP. Segundo o Novo Código Florestal (BRASIL, Lei nº 6.571/12), as APPs para nascentes devem possuir um raio mínimo de 50m, o que coloca esta nascente em desacordo com tal legislação.

A Nascente 2 é a principal nascente das três por apresentar a peculiaridade de ser a fonte de abastecimento de água para o distrito de Piquirivaí. A exploração de água nesta nascente é feita de duas formas, por meio de um poço artesiano com 70m de profundidade, e diretamente no olho d'água que direciona a água para um reservatório de 30.000L que tem a finalidade de acumular água para ser bombeada para uma caixa d'água localizada na parte central da área urbana. O uso do entorno envolve atividades agrícolas, um cemitério (desativado há 15 anos, porém ainda com presença de jazidas) e parte da área urbana do distrito. O geofator A está presente com erosão linear na forma de sulcos, ocorrendo a montante e a leste da nascente. Esta nascente também possui como geofator A uma ravina na lateral da estrada de acesso a nascente (FIGURA 3). Esta ravina formou-se devido ao fato de estar localizada em área periurbana, recebendo as águas pluviais da área urbana que não possui galerias pluviais.



Figura 32 – Ravina presente na estrada vicinal de acesso a nascente 2. Fonte: *Google Earth*®, 2013. Fotos: Arquivo pessoal.

A erosão se torna um problema para os rios, uma vez que grande quantidade de material que erode das vertentes pode se depositar ao longo dos corpos hídricos, provocando assoreamento, eutrofização, diminuição de espécies aquáticas, prejuízos a navegação, entre outros problemas (GALETI, 1989; SALOMÃO, 1994; BERTOL, 2010).

O geofator B nesta nascente apresentou declividade máxima de 12,4% . A textura do solo apresenta-se: argilosa com valores mínimo e máximos de 13,5 à 27,9%; siltosa de 7,8 à 19,3%; e arenosa de 63,6 à 78,7%. A distribuição dos pontos de coleta pode ser visualizada na Figura 4 e os valores de granulometria encontram-se na tabela 1.



Figura 43 – Perfil de elevação organizado sobre o transecto da nascente 2. A flecha vermelha indica o ponto de maior valor de declividade (12,4%). Fonte: *Google Earth*®, 2013.

Tabela 1 – Valores médios de granulometria do solo no transecto da nascente 2.

	Composição granulométrica %		
	Argila	Silte	Areia
Seção 1	13,7	7,9	78,4
Seção 2	27,9	8,5	63,6
Seção 3	17,4	11,2	71,4
Seção 4	13,5	7,8	78,7
Seção 5	16,5	19,3	64,2
Média	17,8	10,9	71,3

Segundo Macedo et al. (1998), solos arenosos mesmo com topografia propensa à agricultura (neste caso, baixa declividade com relevo de plano a moderadamente ondulado) não impedem a degradação devido as características físicas e químicas dos mesmos.

O geofator C referente à APP apresentou-se dentro da legislação do Novo Código Florestal brasileiro, ou seja, 50 m de área preservada. Porém, um fato interessante e importante verificado com este estudo foi que, nos meses de julho e agosto de 2013, ocorreu afloramento de água dentro da ravina, o que indica, em um primeiro momento, ser um olho d'água intermitente (FIGURA 5).

A ocorrência do afloramento do olho d'água intermitente no mês de agosto é ainda um aspecto que merece ser investigado com mais precisão. Conforme relato do responsável pela manutenção da distribuição da água no distrito, afloramentos deste tipo já ocorreram em anos anteriores, no mesmo período do ano (julho e agosto). Ao verificar a série histórica de pluviosidade (1980 a 2013 – ÁGUAS PARANÁ, 2014) do posto de coleta mais próximo (município de Mamborê), verificou-se que o mês de agosto é de menor índice mensal, somando média de 76mm. Uma das hipóteses levantadas neste caso, é que o afloramento possa estar relacionado ao acumulado nos meses anteriores (maio, junho e julho) que somaram média de 419mm. Este aspecto, somado a profundidade do lençol poderia estar promovendo tal situação. Porém, novos estudos precisam ser desenvolvidos sobre este aspecto. Para o momento, considerou-se que a situação mereceria atenção especial, principalmente diante de outros fatores verificados, como o fato de estar localizado junto a ravina e direcionado para a nascente 2 que abastece o distrito. Dessa forma, considerou-se que, conforme o Novo Código Florestal “faixas marginais de qualquer curso d'água perene ou intermitente” são considerados como Área de Preservação Permanente, e logo, esta área deveria ser considerada como APP.



Figura 5 – Olho d'água intermitente dentro da ravina (23/08/2013). Foto: Arquivo pessoal.

A Nascente 3 não é protegida por cercas e seu entorno apresenta somente o uso agrícola sem práticas conservacionistas, como plantio direto e terraceamentos.

O geofator A apresenta erosão laminar e linear com presença de sulcos e ravina, localizadas no sentido montante para a baixa vertente da nascente (FIGURA 6).

A presença de ravina e sulcos, neste caso em maior número que nas outras nascentes, deve-se ao fato da ausência de práticas agrícolas conservacionistas o que levou inclusive ao acúmulo de material particulado na baixa vertente. O carregamento de solo é tão intenso que adentrou a APP. A área de mata não está sendo suficiente para conter o carregamento de material particulado, por isso, é necessário aliar práticas conservacionistas.



Figura 6 – Geofator A na nascente 3, com presença de erosão laminar (Foto A), erosão linear em forma de sulcos (Fotos B e D) e ravina (Foto C). Fonte: Google Earth®, 2013. Fotos: Arquivo pessoal.

Vieira (2010) afirma que terraceamentos tem a função de diminuir a velocidade do escoamento superficial e conseqüentemente sua energia cinética e, assim, diminuir seu potencial de danos como a formação de sulcos, ravinas e voçorocas. Além de diminuir a possibilidade de enchentes nos rios, mantendo o equilíbrio da vazão das nascentes e reduzindo o assoreamento, pois os sedimentos permanecem retidos na curva e canal do terraceamento e a água permanece armazenada nos mesmo a ponto de infiltrar-se no solo. Ainda segundo Vieira (2010), o plantio direto serve de proteção da superfície do solo contra as gotas de chuvas com seu efeito *splash*, retardando o escoamento superficial, além de aumentar a atividade biológica chegando a formar o que ele chama de “pequeno horizonte”, que contribui para o aumento dos poros e infiltração da água.

O geofator B apresentou declividade máxima de 8,6%, localizada da alta vertente para a baixa vertente. Declividade essa, também considerada baixa, porém, não o suficiente para impedir os processos erosivos que diminuem a produtividade do solo e causam a degradação do mesmo. O geofator C foi encontrado com um valor de 45m, aproximadamente. Valor este inadequado para APP em nascentes segundo o Novo Código Florestal brasileiro (Lei nº 6.571/12).

Estes resultados em relação as três nascentes permitiram a definição de restrições de uso e ocupação em termos ambientais (FIGURA 7), a saber:

- Restrição I: são os locais em que não foram encontrados processos erosivos, declividade alta, áreas inundáveis e APPs, ou seja, devido à ausência dos geofatores A, B e C, consideram-se tais áreas como um local indicado para uso tanto agrícola quanto urbano, desde que sejam aplicadas medidas conservacionistas e de planejamento urbano, respectivamente. Tal restrição abrangeu a maior do perímetro urbano e também as proximidades da foz de cada nascente, exceto a margem direita da nascente 1, pois foi um local em que se encontraram pontos com processos erosivos;

- Restrição II: são áreas com presença de erosão laminar, sulcos e ravinas e áreas propícias ao surgimento ou aumento desses processos devido a textura arenosa encontrada nas análises granulométricas no caso da nascente 2. Portanto, são áreas que para uso agrícola ou urbano são necessárias ações de recuperação das ravinas presentes nas nascentes 2 e 3 e a aplicação correta dos terraceamentos e o uso de plantio direto, técnicas conservacionistas do solo, além de galerias pluviais na área urbanas. Para Derpsch et al. (1990), o uso e o manejo inadequados provocam a destruição das estruturas dos solos, o aumento do escoamento superficial, a diminuição da matéria orgânica, o empobrecimento de argila nos horizontes

superficiais e ainda, a subsequente diminuição da fertilidade do solo. Para esses autores, as consequências de ocupação desordenada, atrelada a falta de planejamento urbano e rural, são consideradas como os maiores responsáveis pelo desencadeamento dos processos erosivos laminares e lineares do Estado do Paraná;

- Restrição III: foi demarcada nas áreas em que não podem possuir uso algum. Áreas com 50m de diâmetro em cada nascente e o olho d'água encontrado a 150m da nascente 2, sendo considerada a APP (30 metros) entre esses dois diâmetros. E, considerando a Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005, de março de 2008, que define entornos protetivos às áreas úmidas e a Lei 12.651/12 onde terrenos permanentemente brejoso e encharcado como áreas de várzeas (áreas úmidas) estipulou-se 50m de APP. Conforme Casseti (2005), a vegetação possibilita que os processos pedogenéticos predominem nas vertentes, promovendo assim, a redução da suscetibilidade do solo, já que a vegetação o protege contra o impacto da gota de chuva, permite o controle de erosão devido às camadas de serrapilheira, fixa o solo nas margens de rios e, em alguns casos, evitam com que ocorram deslizamentos.

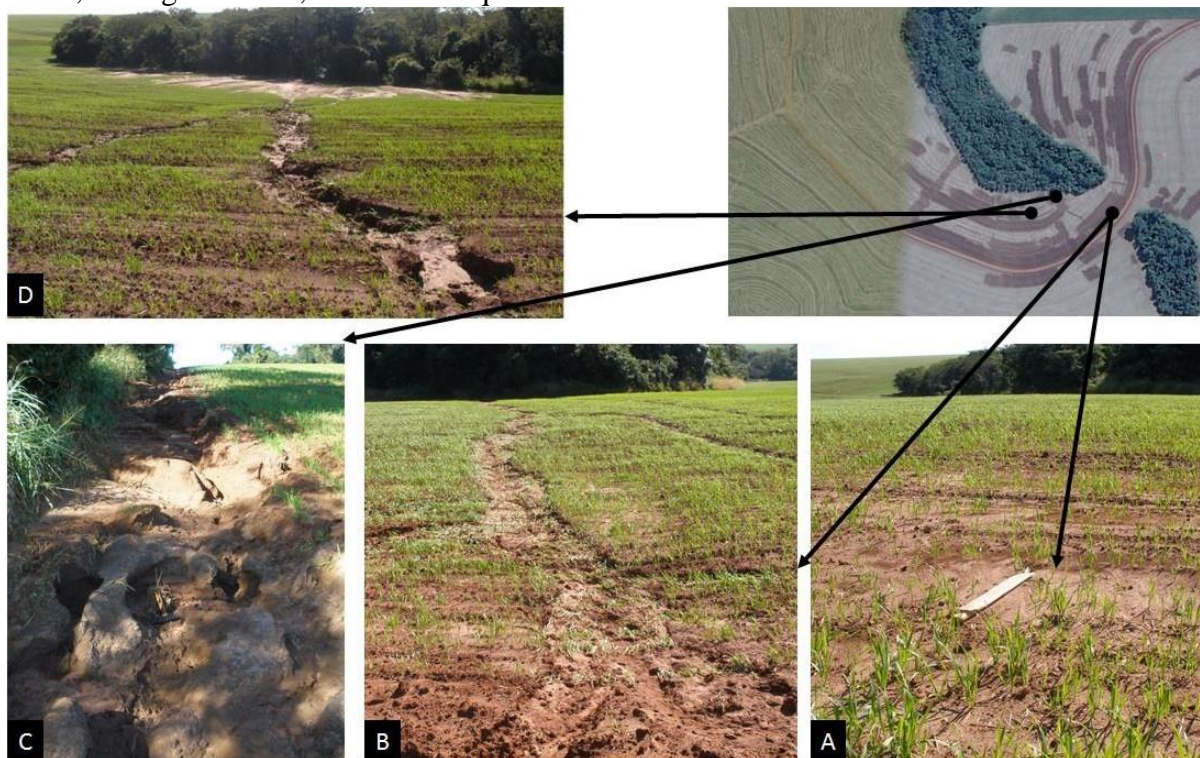


Figura 7 – Restrições de uso e ocupação do solo no entorno das nascentes 1, 2 e 3 do rio do Campo, Campo Mourão – PR. Fonte: Google Earth®, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista científico, a metodologia de geofatores utilizada para o diagnóstico geoambiental se mostrou aplicável. A classificação de geofatores baseado em Rodrigues e Augusto Filho (2009), demonstrou ser uma interessante ferramenta metodológica, pois auxiliou na análise de campo, evidenciando situações de risco e problemas efetivos. Esta classificação possibilitou ainda, a elaboração de uma proposta de restrição do uso e ocupação do solo de fácil entendimento e visualização, que pode ser utilizada e aperfeiçoada em ações de planejamento local.

Em relação ao estudo de caso, a hipótese inicial foi de que o uso e a ocupação do entorno das nascentes estariam apresentando riscos e problemas para o abastecimento de água, o que foi comprovado no caso da nascente 2, tendo como principal aspecto o geofator A (erosão linear). Diante disso, a indicação de restrições teve como foco principal a conservação do solo e das águas, tanto em relação a esta nascente, já que abastece o distrito, como em relação a bacia hidrográfica (nascentes 1 e 3), as quais juntas contribuem para formar o rio do Campo, que é a principal fonte de abastecimento de água da cidade de Campo Mourão-PR.

Na esteira da discussão teórica, percebe-se que relação das nascentes com o uso e ocupação está nos problemas que a erosão pode desencadear, como escoamento superficial difuso ou concentrado, assoreamento e, conseqüentemente, contaminação por agrotóxico, eutrofização, entre outros. Segundo Bertol (2010, p. 10), a erosão tem se constituído no mais importante mecanismo de remoção de solo nas

áreas agrícolas do Paraná, e por isso tem gerado preocupações. Várias técnicas de conservação vêm sendo aplicadas já há alguns anos no estado, sendo que a que tem tido maior eficiência se refere ao SPD. Segundo o autor, embora cerca de 73% da área sob cultivo anual do estado utilizam este sistema, ele sozinho não pode conter os problemas de erosão, sendo necessário que outras práticas sejam associadas, como ações para evitar a compactação do solo, o uso de terraceamentos, o plantio em nível e a adequação de estradas rurais.

Estes aspectos foram justamente alguns dos verificados na área estudada, já que no caso das nascentes 1 e 3, o entorno apresenta problemas de erosão laminar e linear relacionados aos terraceamentos não bem executados e ausência de SPD. Na nascente 2, há problemas com as ruas urbanas e estradas rurais não adequadas, com ausência de práticas conservacionistas.

As situações verificadas no estudo demonstram que o solo e as águas não estão sendo considerados numa perspectiva sistêmica, uma vez que nem o uso e ocupação nem o manejo verificado, considera a dinâmica da paisagem. O entorno de nascentes precisaria ser pensado no planejamento das atividades urbanas e rurais, pois influenciam e interferem diretamente sobre elas devido a própria dinâmica ambiental – forma do relevo, escoamento das águas, infiltração. Isso parece óbvio sob o ponto de vista do pensamento ambiental, porém não para a maioria dos gestores em que, muitas vezes, não contam com uma visão técnica para eventuais situações. O desafio está então, no desenvolvimento de uma visão sistêmica por aqueles que diretamente estão envolvidos com situações como esta, como no caso dos técnicos agrícolas, agrônomos, agricultores, gestores municipais, entre outros.

Talvez pareça utópico esperar que todos tenham um pensamento mais integrado e sistêmico da paisagem, porém parte-se do entendimento que quanto mais esta visão for difundida e aplicada, menores serão as consequências negativas em termos ambientais. Especificamente no tema abordado, entende-se que quanto mais as práticas de uso, ocupação e manejo do solo forem planejadas de forma integrada e com enfoque conservacionista, menores serão as consequências relativas as nascentes e, logo, menos perdas econômicas e ambientais ocorrerão, algo que num modelo econômico pautado em perdas e ganhos, faz muita diferença.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. N. B. Agente, processos e feições erosivas em voçoroca conectada à rede de drenagem do Rio Coreaú, em Coreaú, Ceará. *Revista da Casa de Geografia de Sobral*, Sobral, v. 8/9, n. 1, v. 11-20, 2007. Disponível em: <<http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/105>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012*. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012. 215 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

BERTOL, O. J. Conservação de solos e água. *Publicações Temáticas da Agenda Parlamentar do Conselho Regional de Eng., Arq. e Agr. do Paraná*. Curitiba: CREAPR, 2010. Disponível em: <http://www.creapr.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=37:cadernostecnico_s&Itemid=95>. Acesso em: 23 ago. 2013.

BOULET, R. G. L. Análise estrutural da cobertura pedológica e a experimentação agronômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21. 1988, Campinas. A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas: *Anais...* Sociedade brasileira de ciência do solo, 1988. p. 431-446.

BOULET, R. G. L.; CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. Os sistemas de transformação em pedologia. *Boletim de Geografia Teórica*, v. 20, n. 39, p. 5-20, 1990.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 07 out. 2013.

CASSETI, V. *Geomorfologia*. 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 20 maio 2011.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000. CD.

CAVIGLIONE, J. H.; FIDALSKI, J.; ARAÚJO, A. G.; BARBOSA, G. M. de C.; LLANILLO, R. F.; SOUTO, A. R. Espaços entre terraços em plantio direto. *IAPAR Boletim técnico*, n. 71, p. 59 Londrina: IAPAR, 2010.

DERPSCH, R.; BENITES, J. Agricultura Conservacionista no Mundo. In: XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBSCS, 2004. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (Brasil, BR). *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná*. Brasil, 2007a. 22 folhas, articulação MI - 504. Escala 1:250.000.

GALETI, P. A. *Conservação do solo; Reflorestamento; Clima*. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1989. 286p.

Google Earth®. *Imagens de Satélite*. 2013.

GOMES, Priscila M.; MELO, Celine de; VALE, Vagner S. do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia – MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/viewFile/9169/5638>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

GREGORY, K. J. *A natureza da Geografia física*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1992, 367 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Censo Demográfico*. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=410430>>. Acesso em: 23 jan. 2013.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. *Descrição das Unidades Litoestratigráficas*. 2006. Escala 1: 250.000. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil*. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 29 out. 2013.

MACEDO, J. R.; MARTINS, J. S.; ARDHENGUI, A. F.; SOBRINHO, J. S.; ASSIS, D. S. *Circular Técnica 3: Uso e Conservação de Solos Arenosos sob Pastagens em São Gabriel do Oeste, MS*. Embrapa: Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/335856/uso-e-conservacao-de-solos-arenosos-sob-pastagens-em-sao-gabriel-do-oeste-ms-recomendacoes-tecnicas>>. Acesso em: 20 out 2013.

MATULA, M.; LETKO, V. Engineering geology in planning the metropolitan region of Bratislava. *Bulletin of the Inter. Assoc. of Engineering Geology*, Krefeld, n. 22, p. 139 - 145, 1980.

MINEROPAR SERVIÇOGEOLÓGICO DO PARANÁ. *Atlas Geológico do Paraná*. Mineralogia do Paraná. Curitiba: Mineropar, 2001. Escala 1:650.000. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/atlasgeo.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

NOGUEIRA, J. B. *Mecânica dos Solos – Ensaio de Laboratório*. São Carlos: Reimpressão, 2005, 248 p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 75-92, 1993.

RODRIGUES, V. L.; AUGUSTO FILHO, O. Mapeamento geotécnico como base para o planejamento urbano e ambiental: município de Jaú/SP. *Revista Brasileira de Geociências*. 39(1): 01-15, março de 2009. Disponível em: <<http://www.sbgeo.org.br>>. Acesso em: 02 março 2013.

SALATI, E; LEMOS, H M. de; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: _____. REBOUÇAS, Aldo da C.(Org.) et al. *Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 3. ed. [S.I.]: Escritura, 2006. 37 - 62 p.

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 Física). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, L. J. C.; FIORI, C. O.; CANALI, N. E; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. 2006 Escala 1:250.000. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 3-12. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_7_n_2_2006/RBG_Ano_7_n_2_2006_03_12.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2013.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para mapeamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11. 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005.

VIEIRA, M. J. Sistema de plantio direto e terraceamento. *Nota técnica n° 3*. Faculdade Integrado de Campo Mourão, Campo Mourão. 2010.