

# Relação entre drenagem urbana e processos erosivos: estudo de caso em Campo Mourão – PR

## Relación entre el drenaje urbano y procesos erosivos: caso de estudio en Campo Mourão - PR

### Relationship among urban drainage and erosive processes: case study at Campo Mourão - PR

**Mariana de Sarges Machado**

mari\_msm@hotmail.com

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus de Campo Mourão, UTFPR*

**Maristela Denise Moresco Mezzomo**

maristelamezzomo@gmail.com

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus de Campo Mourão, UTFPR*

**Morgana Suzeck Gonçalves**

morgana@utfpr.edu.br

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus de Campo Mourão, UTFPR*

**Resumo:** As voçorocas urbanas têm se tornado um problema ambiental preocupante nos municípios brasileiros, pois limitam a expansão urbana, além de resultar em problemas de ordem ambiental e social. Diante disso, este trabalho realizou um diagnóstico geoambiental de uma voçoroca localizada no município de Campo Mourão, estado do Paraná. Na primeira etapa, foram utilizados materiais cartográficos e imagens de satélite, com a finalidade de caracterizar fisicamente a área da voçoroca. Na segunda etapa foi realizado o levantamento de informações sobre o processo erosivo e realizadas entrevistas com os moradores do entorno. Nas etapas posteriores foram elencadas as causas e consequências do processo erosivo e por fim, sugestões para a contenção do processo erosivo e melhoria da área degradada.

**Palavras-chave:** Voçoroca, planejamento urbano, diagnóstico.

**Resumen:** Cárcavas urbanas se han convertido en un problema ambiental preocupante en las ciudades brasileñas mediante la limitación de la expansión urbana, y dar lugar a problemas de orden ambiental y social. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo realizar un diagnóstico geo-ambiental de una cárcava en el municipio de Campo Mourão, provincia del Paraná. En la primera etapa, los materiales cartográficos e imágenes de satélite se utilizaron para caracterizar físicamente la zona del barranco. En la segunda etapa se llevó a cabo la recopilación de información sobre el proceso de erosión y entrevistas con los residentes de los alrededores. En las etapas posteriores se enumeran las causas y las consecuencias de la erosión y, por último, sugerencias para contener el proceso erosivo y la mejora de la zona degradada.

**Palabras clave:** Cárcava, planificación urbana, el diagnóstico.

**Abstract:** Urban gullies have become a concerning environmental issue in Brazilian municipalities once they limit urban expansion, moreover, they cause both environmental and social problems. This work aimed to perform a geoenvironmental diagnosis of a gully located in Campo Mourão, Paraná State. For this, cartographic material and satellite images were used on the first stage aiming to physically characterize the gully. On the second stage, information about the erosive process was gathered and the surrounding dwellers were interviewed. The following stages were related to causes and consequences of the erosive process and, finally, to suggestions for holding the erosion and improving the degraded area.

**Key-words:** Gullies, urban planning, diagnosis.

## INTRODUÇÃO

Tendo como tema central processos erosivos relacionados a drenagem urbana numa perspectiva sistêmica do olhar ambiental, este artigo apresenta um estudo de caso sobre uma voçoroca localizada na cidade de Campo Mourão – Paraná, suas causas, consequências e sugestões de medidas para contenção do processo fazem parte da discussão apresentada.

Considerada como um processo natural de desgaste do solo, a erosão pode ser agravada por fatores antrópicos, os quais, quando aliados ao clima, tipo de solo e relevo, pode chegar a níveis de difícil recuperação, como no caso das voçorocas (GUERRA, 2011). O desenvolvimento de voçorocas urbanas está relacionado ao crescimento acelerado e desordenado de cidades brasileiras ocorrido nas últimas décadas, o qual tem promovido alterações significativas na dinâmica hidrológica natural, como no caso da canalização e retificação de rios, alteração na infiltração das águas pluviais e aumento da vazão devido à drenagem urbana. Muitas destas mudanças promovem consequências de cunho natural e socioeconômico.

No caso de consequências naturais, estão os processos erosivos, os quais incidem em diversos desdobramentos que podem afetar o equilíbrio dinâmico de determinando ambiente. Já em relação às consequências socioeconômicas, as alterações da dinâmica hidrológica podem promover problemas com dimensões difíceis de serem calculadas, pois além da degradação da área, afeta e coloca em risco infraestruturas urbanas que interferem no cotidiano da população envolvida e assim, prejudicam a qualidade de vida das pessoas.

A erosão neste contexto é um dos principais processos decorrentes das alterações na dinâmica hidrológica que envolve a drenagem urbana. Esta se constitui como um sistema responsável pela captação, manejo e condução das águas de chuvas até o curso d'água. Segundo Tucci e Marques (2000, p. 119), a medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorre

aumento da vazão, devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; o aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos; a deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto.

Toda bacia hidrográfica tem um escoamento natural das águas, seja em vales úmidos (rios, riachos) ou em vales secos, por onde a água escoar após precipitações pluviométricas. Alterações no sistema natural de drenagem, através de obras de construções ou aterramentos, normalmente, provocam um incremento no processo de erosão, além de outras consequências indesejáveis (MOTA, 1999). O mesmo autor ainda ressalta que se deve respeitar ao máximo o escoamento natural, e no caso de haver necessidade de mudança desse escoamento, esta deve ser executada após cuidadoso estudo, uma vez que, todo solo tem um ponto de saturação e a medida que a infiltração se aproxima desse limite, poças se formam na superfície, originando o escoamento superficial (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2010).

Para Mota (1999), o sistema de escoamento superficial de uma bacia que abrange uma cidade, deve fazer parte de um Plano Diretor de Drenagem e ser elaborado com base em um estudo de todo sistema de drenagem, a fim de se propor medidas que visam garantir um apropriado escoamento das águas pluviais, evitando assim problemas de erosão. Entre estas medidas de controle de drenagem em área urbana estão disciplinamento de uso e ocupação do solo, que visa a “proteção das áreas de amortecimento de cheia, proteção dos caminhos de escoamento natural das águas, criação de reservatório artificial de detenção, utilização de pavimentos permeáveis, entre outras” (MOTA, 1999, p.160). As mudanças realizadas na paisagem para a implantação de cidades incidem diretamente na dinâmica hidrológica natural, modificando os caminhos por onde a água circula. A retirada da cobertura vegetal e a impermeabilização produzem alterações drásticas no ciclo hidrológico, capazes de provocar danos nas áreas urbanas, como no caso da erosão urbana (GUERRA, 2011).

O disciplinamento do uso e ocupação do solo são fatores determinantes para o bom funcionamento da drenagem de uma bacia, uma vez que,

áreas que tem maior relação com os recursos hídricos devem ter ocupação controlada e, em alguns casos, evitada, de forma que sejam garantidos a infiltração e o escoamento das águas, de modo que não sejam causados danos ao ambiente. Entre essas áreas, destacam-se: planícies de inundações, locais de amortecimento de cheias, talwegues, encostas, áreas verdes, etc. (MOTA, 1999, p.162).

Outro aspecto relevante, segundo Mota (1999, p.166), se refere às áreas de amortecimento de cheias, que geralmente são “terrenos baixos, alagados, ou similares, que embora não acumulem água permanente, a retêm durante a precipitação”. Estes locais devem ser identificados em uma cidade, e preservados de ocupação, sendo interessante o aproveitamento dessas áreas para integrar áreas verdes, áreas de lazer, parques, etc. Além dos rios e riachos (vales úmidos), devem ser preservados também os vales secos, por onde escoar a água durante as chuvas. “Esses vales devem ser protegidos nos projetos de parcelamento do solo, podendo ser substituído por sistemas de drenagem artificiais (canais, galerias), após cuidadoso estudo” (MOTA, 1999, p. 167).

Além destes aspectos, Tucci e Marques (2000, p. 364) também indicam a construção de locais de armazenamento, os quais permitem o atraso do escoamento “atenuando o pico

dos hidrogramas e possibilitando a recuperação da capacidade de amortecimento perdida pela bacia devido à impermeabilização”. Tais áreas podem ser implantadas em nível de lote, microdrenagem e macrodrenagem e se referem a reservatórios artificiais de detenção.

Relacionado também à diminuição do escoamento superficial, destaca-se o uso de pavimentos permeáveis, sendo extremamente recomendáveis nas vias públicas e pátios, pois facilitam a infiltração da água (MOTA, 1999). O pavimento permeável “é um dispositivo de infiltração onde o escoamento superficial é desviado através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de pedras localizado sob a superfície do terreno” (TUCCI; MARQUES, 2000, p. 352) e existem basicamente três tipos de pavimentos permeáveis: pavimento de asfalto poroso, pavimento de concreto poroso e pavimento de blocos de concreto vazados (TUCCI; MARQUES, 2000).

Estas medidas e obras em relação a drenagem urbana tem como objetivo principal evitar a degradação ambiental, que se apresenta de diversas formas, com destaque neste contexto para a erosão do solo. Segundo Araújo, Almeida e Guerra (2005, p. 21), “a degradação das condições de solo é muito séria, pois não é facilmente reversível, uma vez que processos de formação e regeneração do solo são muito lentos”. Entretanto, muitas formas de degradação podem ser remediadas pela reconstrução cuidadosa da saúde do solo (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005). Para Guerra e Jorge (2013, p. 10), os problemas resultantes da erosão dos solos podem ser exemplificados pela

remoção dos nutrientes existentes no topo dos solos; redução da penetração das raízes e do armazenamento de água; diminuição das áreas a serem utilizadas para agricultura e pecuária; aumento do assoreamento de rios, lagos, reservatórios e açudes, levando muitas vezes a grandes enchentes; poluição de corpos líquidos, em especial pelo transporte de defensivos agrícolas, junto com os sedimentos erodidos.

No Brasil, país onde existe pressão demográfica nos centros urbanos, vem sendo comum a ocorrência de processos erosivos em áreas periurbanas. Tais processos ameaçam o patrimônio público e privado e podem ser de difícil controle, principalmente quando não há monitoramento dos mesmos (GUERRA, 2011).

Muitas são as causas que podem promover a erosão, bem como muitos são as classificações dadas aos processos. Destaca-se neste sentido a erosão hídrica em áreas urbanas. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), as principais formas de erosão hídrica são erosão pelo impacto da chuva, erosão laminar e erosão em sulcos e voçorocas. Os problemas causados pelo impacto das gotas de chuva em contato com o solo a uma alta velocidade constituem a primeira fase do processo de erosão. Tal impacto “rompe os agregados do solo, desprende e transporta as partículas mais finas, causando uma compactação na superfície do terreno e minimizando a infiltração de água no mesmo” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p.74). Como consequência, há aumento da enxurrada na superfície e lixiviação da área. Esta primeira fase da erosão apresenta maior magnitude no intervalo de tempo decorrido entre o início da precipitação e a formação do escoamento superficial, e tende a diminuir sua ação à medida que aumenta a espessura da lamina d’água que escoou ou é retida na superfície (FENDRICH et al.,1997).

A erosão laminar, para Fendrich et al. (1997, p. 32), “caracteriza-se pelo desgaste laminar causado pelas enxurradas que deslizam como um lençol, desgastando a superfície do solo, suave e uniformemente em toda a sua extensão”. Tal processo erosivo se dá de forma discreta, muitas vezes imperceptível, arrastando as menores partículas do solo. Essa remoção da camada superficial pode prejudicar a fertilidade do solo, visto que essa é a parte mais ativa e rica em nutrientes.

Já a erosão em sulcos, ravinas e voçorocas, conforme Fendrich et al. (1997, p. 32) “consiste essencialmente no desenvolvimento de pequenos canais, nos quais o fluxo superficial se concentra”. Quando não controlado, esse escoamento tende a expandir a área erodida, transformando os sulcos em ravinas e, posteriormente, em voçorocas.

No processo relativo ao voçorocamento, Selby (1993 apud GUERRA, 2011) explica que uma ravina principal pode se expandir horizontalmente e verticalmente, se transformando, posteriormente, em uma voçoroca. Segundo Fendrich et al. (1997, p. 22), “a voçoroca é um processo erosivo semi-superficial de massa, face ao fenômeno global da erosão superficial e ao desmonte de maciços de solo dos taludes, ao longo dos fundos de vale, ou de sulcos realizados no terreno”.

O tipo de solo determina o formato da voçoroca. Se a erosão contiver horizontes de material mais consistente, a voçoroca tende a se desenvolver em paredes verticais (o que a torna mais suscetível a desmoronamentos). Quando o material dos horizontes mais profundos é mais resistente que o dos horizontes mais superficiais, ela tende a se formar em V (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Guerra, Silva e Botelho (2010, p. 257), entre as principais causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades, destacam-se:

- Plano de obra inadequado do sistema viário, muitas vezes agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas: As ruas, quando pavimentadas, dispõem, em geral, de galerias pluviais, mas nem sempre onde existem galerias existe pavimentação. Ruas sem pavimentação, em áreas urbanas muito suscetíveis à erosão, provocam, inevitavelmente, o entupimento de galerias, especialmente quando apresentam declividades insuficientes para favorecer o transporte do solo depositado.
- Deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas: Os projetos devem considerar toda a área de drenagem que contribui para o escoamento superficial, com estudo prévio da topografia da cidade, desenvolvendo os planos para o sistema de drenagem e prevendo as ruas com ou sem pavimento. Os canais coletores devem situar-se, principalmente, nas ruas secundárias, utilizando as de pequena declividade, evitando, dessa forma, o acúmulo de águas resultantes da drenagem nas ruas de grande declividade.
- Expansão urbana descontrolada: A implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais, especialmente em locais que apresentam terrenos suscetíveis a processos de ravinamento e/ou voçorocamento, deve ser antecedida por cuidadoso estudo de suscetibilidade à erosão, adequando os projetos à natureza dos terrenos e prevendo-se obras de controle da erosão.

Como medidas de controle da erosão urbana têm sido construídas, como obras permanentes, “sistemas de drenagem para canalização das águas pluviais, proteção dos vales receptores através de canais, barragens escalonadas, etc. e pavimentação de ruas para a retenção do solo”, evitando seu carregamento pelo escoamento superficial (FENDRICH et al., 1997, p.44). Infelizmente, muitas prefeituras ainda preferem obras temporárias a permanentes, para controle da erosão, como poços, valas de contenção e dissipadores de energia improvisados.

Para Oliveira (2010, p.38), o combate à erosão vai implicar em medidas “de caráter multidisciplinar e sistêmico, voltadas não somente à solução de problemas pontuais em áreas de focos erosivos, mas também à solução de outros problemas urbanos, igualmente graves, de reflexos tanto ambientais quanto econômicos”.

Conforme o Decreto Federal nº 97.632/1989 (BRASIL, 1989), a recuperação ambiental é entendida como “o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”. A recuperação do ambiente pode ocorrer de forma natural ou por meio de atividades humanas, que tenham como objetivo restaurar a área degradada. A recuperação natural pode ser a única possibilidade para algumas situações de degradação ambiental que “envolvem grandes áreas afetadas por exploração de mineração temporária, agricultura intensa, entre outras, principalmente devido à extensão, custo e medidas ou procedimentos necessários” (CALIJURI; CUNHA, 2013, p. 594).

Já a recuperação através de intervenções antrópicas pode ser entendida, segundo Calijuri e Cunha (2013), como o conjunto de ações necessárias para a retomada de um determinado equilíbrio ambiental na área degradada, onde a estabilidade física é obtida tanto por técnicas de revegetação, como por obras geotécnicas (terraplanagem, sistemas de drenagem e de retenção de sedimentos, contenção de taludes, entre outros).

O número de técnicas para a recuperação de áreas degradadas tem aumentado gradativamente em todo o mundo, e vários são os materiais utilizados para isso (GUERRA; JORGE, 2013). As técnicas de bioengenharia são muito recomendadas, por vários motivos, como destacam Fullen et al. (2011 apud GUERRA; JORGE, 2013, p.23):

Além de recuperar áreas degradadas, os materiais resultantes de geotêxteis produzidos com fibras vegetais podem ser considerados soluções para problemas ambientais, incluindo tecnologias para conservação dos solos, produção vegetal sustentável, uso de plantas locais, manejo adequado de ecossistemas, como a diminuição do desmatamento, melhorias dos sistemas agroflorestais e uma boa relação custo-benefício, com a aplicação dos geotêxteis em diferentes ambientes.

De acordo com Lekha (2004 apud GUERRA; JORGE, 2013), os geotêxteis protegem o solo até a encosta se estabilizar com a recente cobertura vegetal, formando uma proteção entre as partículas do solo e as águas das chuvas, diminuindo o escoamento superficial e sua velocidade, além de manter a capacidade do solo de absorver água. Guerra e Jorge (2013) afirmam que a utilização de materiais flexíveis (biomanta) e rígidos (ferro e o concreto), pode solucionar essa problemática da degradação de solos, sendo uma associação

de técnicas da Engenharia e Biologia. Ainda segundo estes autores, a bioengenharia ainda é recente no Brasil e caminha para o sucesso, pois o país é rico em recursos vegetais. Além disso, as técnicas se caracterizam promissoras no cenário sustentável também pelo seu custo reduzido, chegando a 1/3 dos gastos de uma obra de engenharia tradicional (GUERRA; JORGE, 2013).

Estas medidas fazem parte de todo um conjunto de ações, que devem ser iniciadas quando do planejamento da drenagem urbana, passando pela manutenção e posteriormente, quando for o caso, medidas corretivas. O objetivo da organização da drenagem urbana deve envolver ações efetivas que possam minimizar ou eliminar os efeitos negativos, tanto ambientais quanto sociais, uma vez que são obras necessárias para as cidades.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A organização deste estudo envolveu a abordagem sistêmica como método e foi desenvolvida em quatro etapas. Na etapa 1 foi realizada a fundamentação teórica-metodológica e levantamento bibliográfico, seguida da caracterização física da área, com o auxílio de imagens de satélite, materiais cartográficos e visitas *in loco*. Na etapa 2, foi realizada a caracterização da voçoroca, por meio do preenchimento de um cadastro, conforme IPT (2004). Foram realizadas medições (comprimento, largura e profundidade) de 16 transectos dentro da voçoroca. Também foram realizadas 23 entrevistas semi-estruturadas com os moradores do entorno da voçoroca.

Posteriormente, na etapa 3, foram levantadas as principais causas e consequências sociais e ambientais da erosão e, na etapa 4, foram propostas medidas para o controle da erosão e ações de melhoria ambiental para área, pautando-se na literatura da área de Geomorfologia e Engenharia Ambiental, bem como em estudos de caso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

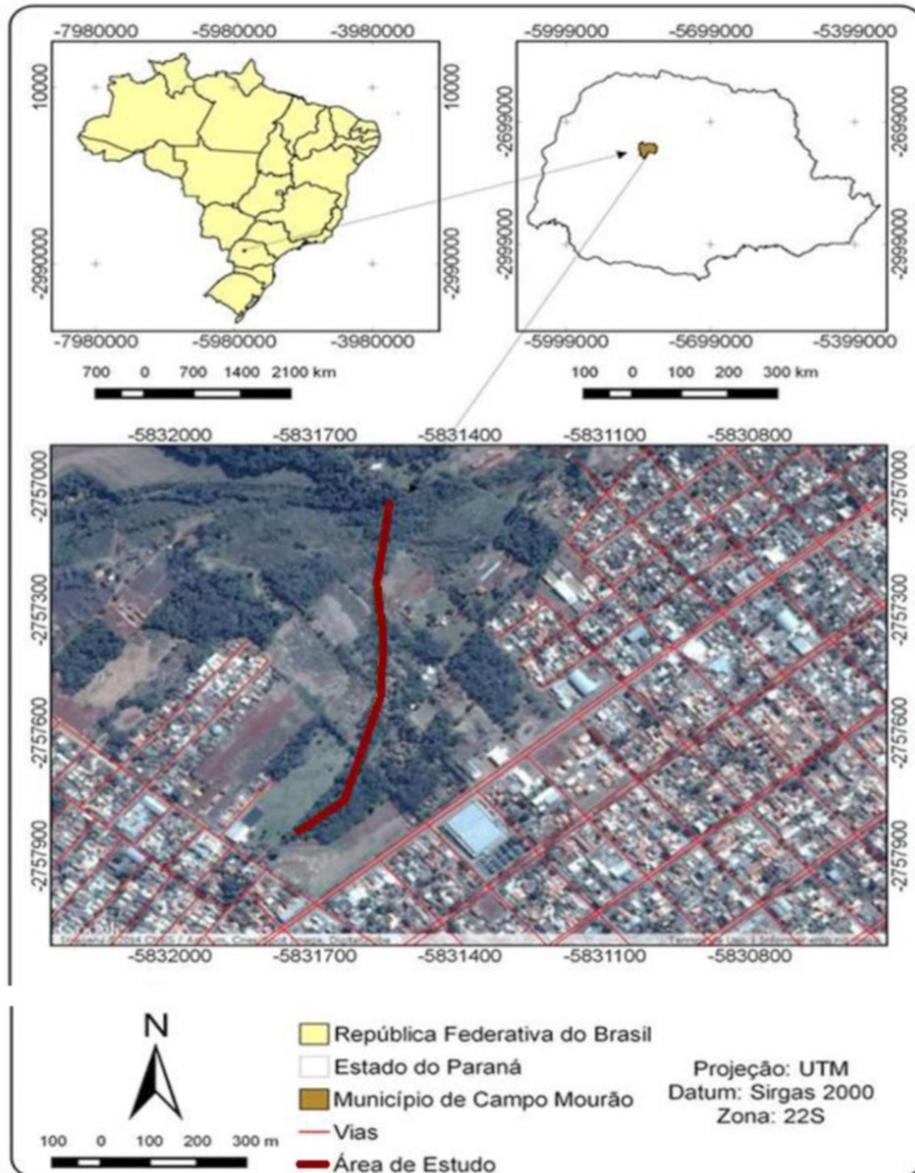
A voçoroca objeto deste estudo localiza-se em um afluente do Rio Km 119, no limite periurbano da cidade de Campo Mourão, Paraná. No seu entorno encontram-se cerca de 30 residências, alguns estabelecimentos comerciais e área de pastagem. O córrego afluente do Rio Km 119, onde se localiza a erosão, encontra-se canalizado por cerca de 400 metros desde a sua nascente, na parte alta média da vertente. Quando o córrego passa a ficar exposto na superfície, seu leito corresponde à voçoroca em estudo (Fig. 1).

O contexto físico em que a voçoroca está inserida envolve substrato rochoso do Grupo São Bento, Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2005) com rochas basálticas de idade Mesozóica. O relevo apresenta forma, predominantemente, suave ondulada, vertente retilíneas e topos aplainados. As classes de solo envolvem o Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, 2007). O clima está classificado como Cfa, sendo subtropical úmido mesotérmico, e a fitogeografia, conforme a classificação da tipologia vegetal de Roderjan et al. (2002), compõe a Floresta Estacional Semidecidual Montana e Floresta

Ombrófila Mista Montana. A Avaliação Ecológica Rápida realizada no local permitiu coletar e identificar 50 espécies arbóreas, das quais 36 são nativas do Brasil, dez são exóticas e quatro são exóticas invasoras.

Historicamente, esta voçoroca faz parte do contexto de crescimento da cidade de Campo Mourão, que a partir da década de 1960, realizou a primeira pavimentação asfáltica e a construção da primeira rede de drenagem de águas pluviais (VERSORI, 2007). Com isso, o afluente em que a voçoroca está inserida, passou a ser um ponto de recebimento das águas pluviais drenadas, o que então teria dado início ao processo erosivo.

Figura 1: Croqui de localização da área de estudo no espaço urbano de Campo Mourão-PR.



Conforme entrevista com os moradores do entorno da voçoroca, o córrego afluente do Rio KM 119 era um pequeno rio, de pouca vazão e reduzida profundidade. Com a primeira pavimentação asfáltica e conseqüente impermeabilização do solo e construção

das galerias, o volume de água recebido pelo córrego foi aumentando e o processo erosivo teve início na década de 1970. Na década de 1980, ainda conforme entrevista com os moradores, a erosão já tinha mais de 5 metros de profundidade e seu comprimento estava próximo à Rua Araruna e à Perimetral Tancredo Neves. Com a expansão da cidade ameaçada pela erosão, conforme relato dos entrevistados, foi realizada a única obra com o objetivo de conter a voçoroca. A erosão foi aterrada com resíduo da construção civil e a rede de galerias que abrangia a porção norte da cidade foi prolongada até a cabeceira do córrego. Atualmente a voçoroca possui 750 metros de comprimento, com largura, em alguns pontos, atingindo 30 metros e profundidade em torno de 10 metros.

Em relação aos aspectos socioambientais do entorno da voçoroca, as entrevistas levaram a organização dos resultados em quatro setores. Foram feitas perguntas em relação ao tempo de moradia, quantas pessoas residem na casa, fonte de renda da família e questões ambientais, relacionadas à voçoroca e ao meio ambiente em geral (resíduos, esgoto, abastecimento de água, animais, cheiro).

No setor 1, que compreende a Rua José Voidelo e a Rua Araruna, os maiores problemas relatados se referem a presença de animais como cobras, lagartos e aranhas nas residências. No setor 2, que compreende a Av. Perimetral Tancredo Neves, os moradores se queixaram de alagamento em período de chuvas intensas, além do lixo depositado por transeuntes da Perimetral. O setor 3, que envolve chácaras em zona rural, é o que sofre maior impacto da erosão. Esse setor apresenta uma casa com risco de desabamento por se localizar a menos de 1 metro da voçoroca. As casas desse setor, ao contrário das demais, possuem fossa negra e o abastecimento de água é realizado por poços. O setor 4 envolve um loteamento novo que já possui infraestrutura de asfalto, rede de esgoto e iluminação pública.

## CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DO PROCESSO EROSIVO

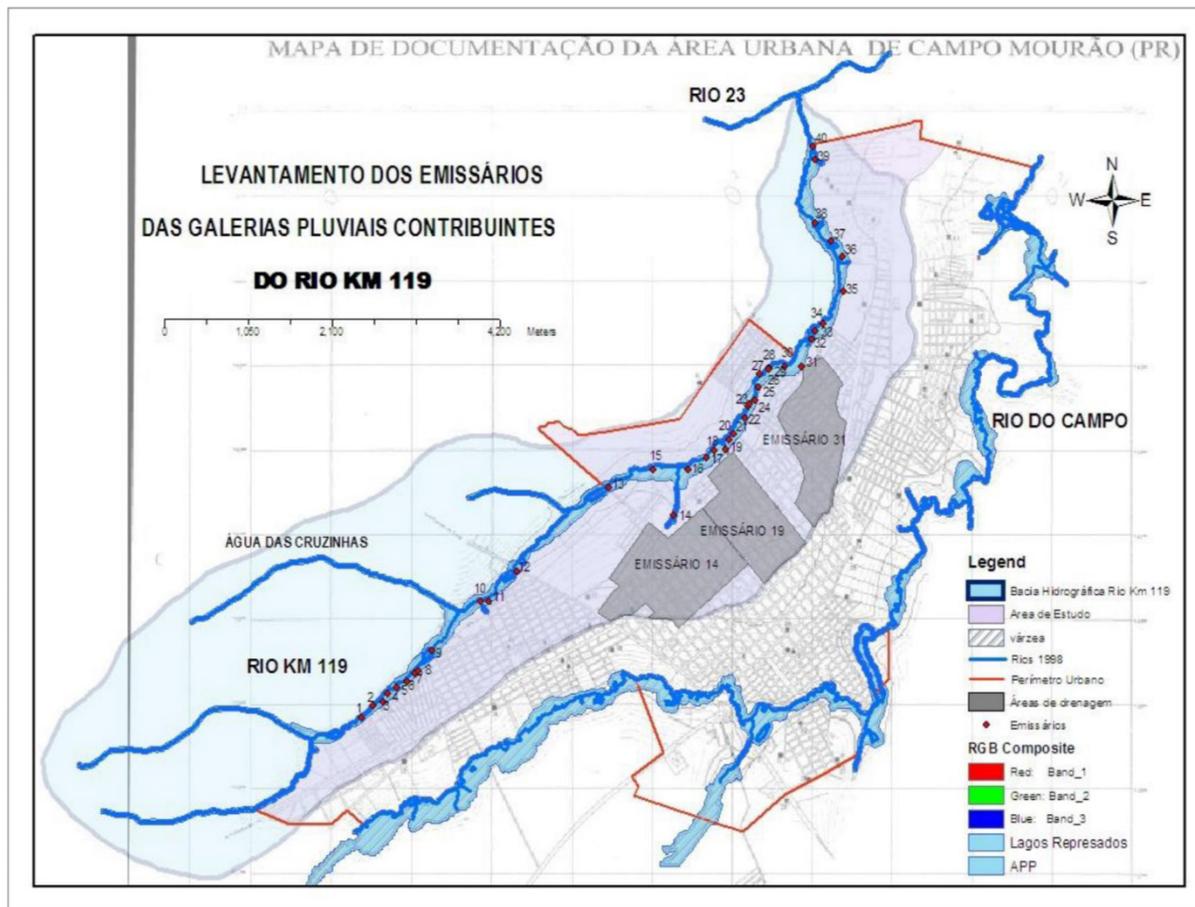
As principais causas que promoveram e ainda promovem a formação e o aumento da voçoroca, conforme verificado com os trabalhos de campo, as entrevistas e análise de material teórico, envolvem: concentração das águas pluviais, aterro, supressão vegetal da Área de Preservação Permanente e construção de loteamento em área de aterro e sobre o rio canalizado.

Em relação à concentração de águas pluviais, esta causa tem relação com obras ainda do final da década de 1980, quando a drenagem urbana de Campo Mourão foi expandida. Parte das águas pluviais que escoam na porção noroeste do município, se direcionam para o emissário 14 que deságua na cabeceira do córrego onde se localiza a erosão em estudo (Fig. 2). Segundo estudo realizado por Versori (2007), esse emissário recebe águas pluviais drenadas de uma área aproximada de 11,93 ha, a uma vazão de 2,8 m<sup>3</sup>/s.

Conforme constatado em campo, o ponto de lançamento do emissário não possui dispositivo de chegada capaz de dissipar a energia potencial das águas pluviais. Por estar localizado à jusante de uma área em declive, o emissário despeja a água pluvial em alta

velocidade, o que teria acarretado no desgaste do solo. Com isso, parte da tubulação se rompeu, atestando a força com que a água atinge o solo e promove a erosão. O volume de água canalizado por apenas uma tubulação e a distância do corpo hídrico principal, o Rio KM 119 (cerca de 800m), indicam ser os fatores que agravam ainda mais o processo.

Figura 2: Levantamento dos emissários das galerias pluviais contribuintes do Rio KM 119.



Fonte: Versori, 2007.

No que se refere ao aterro, conforme relatado nas entrevistas, na década de 1980, a voçoroca estava próxima ao cruzamento da Perimetral Tancredo Neves com a Rua Araruna. A fim de se conter a erosão, a área foi aterrada com resíduo de construção civil. Esta situação pôde ser constatada em campo por meio da presença desses resíduos, quando observado o perfil do solo. Restos de entulho como tijolos, cerâmica, blocos de concreto, entre outros, são visíveis em toda a extensão da voçoroca.

A utilização de voçorocas como locais de aterro de resíduos de construção civil classe A (alvenaria, concreto, argamassas, cerâmica e etc.), tem se tornado comum em muitos municípios, porém para o licenciamento ambiental dessas áreas no Paraná é exigido pelo IAP um estudo técnico do local escolhido. Para Rezende et al. (2014), tais estudos são fundamentais para evitar consequências como a contaminação do lençol freático e o assoreamento de cursos d'água localizados a jusante. Para Mota (1999), aterramentos alteram o sistema natural de drenagem, se tornando um incremento para o desencadeamento de processos

erosivos. Neste caso em estudo, não foram encontrados perante os órgãos públicos, nem estudos técnicos sobre a área nem tampouco projeto para o aterro, demonstrando que não houve planejamento e embasamento técnico para o aterramento da erosão.

Já em relação à Área de Preservação Permanente (APP) do córrego onde a voçoroca se localiza, esta é completamente inexistente em alguns pontos, e a recente rua asfaltada construída no loteamento vizinho está a menos de 5 metros da erosão. De acordo com a Lei Federal nº 12.651 de 2012 que dispõe sobre o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), APP é *“a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”*, porém isso não acontece no local.

A supressão da área de APP se torna assim, uma causa relevante para o agravamento do processo erosivo, visto que a cobertura do solo influencia diretamente nas taxas de escoamento superficial e infiltração. Segundo Fendrich et al. (1997), quanto mais coberto o solo menor sua erodibilidade, pois as plantas amortecem a queda das gotas d'água diminuindo seu impacto sobre o solo, seus troncos e raízes dificultam o escoamento das águas, obrigando-as a infiltrar lentamente e evitando que ganhem velocidade, a vegetação sombreia o solo, reduzindo a evaporação, entre outras.

A última causa levantada se refere ao loteamento recém instalado no entorno da voçoroca. Parte-se do entendimento de o processo de urbanização da área incide diretamente na voçoroca, pois torna o terreno vizinho mais suscetível ao processo de perda do solo. O loteamento está instalado sobre parte canalizada do rio e sobre uma parte da área do antigo aterro. Estas situações o colocam em condição de susceptibilidade e vulnerabilidade que merece considerações específicas. Para Fendrich et al. (1997), a execução de loteamentos com inobservância das práticas e normas racionais de conservação do solo e controle de erosão se torna um dos principais fatores condicionantes da erosão dos solos.

Já em relação as principais consequências do processo erosivo, estas envolvem danos estruturais às residências do entorno da voçoroca e poluição do córrego em que a voçoroca se encontra, o qual é afluente do Rio KM 119, um dos principais rios da cidade de Campo Mourão. Conforme relatado em entrevista, duas residências do setor 1, bem próximas à erosão, apresentam rachaduras que podem ter como causa o processo erosivo. Os danos se estendem a outra residência do setor 4, que apresenta risco de desabamento devido à evolução da erosão que tem causado solapamentos nas margens.

Com relação à poluição do córrego, este recebe grande parte dos sedimentos transportados pela erosão hídrica, como resíduos domésticos, sacolas plásticas, matérias de construção civil. Segundo moradores frequentemente exala forte odor de esgoto e lixo, embora ainda não tenha sido possível inferir que haja despejos clandestinos de esgoto no leito da voçoroca, ainda que a água apresente coloração escura e cheiro forte.

## PROPOSTAS DE AÇÕES DE CONTENÇÃO E MELHORIAS

A partir da análise dos dados coletados, foram elaboradas sugestões para a contenção do processo erosivo e conseqüente melhoria da área degradada, como a distribuição da área drenada pelo emissário e a construção de uma bacia de detenção. Em relação às melhorias ambientais possíveis na área degradada, sugere-se o restabelecimento da APP, o controle de espécies exóticas invasoras, o isolamento da área e a adequação do loteamento.

O emissário que deságua na voçoroca, segundo Versori (2007), recebe a contribuição de uma área impermeabilizada de 11,93 ha, o que é considerado um grande volume de água para ser canalizado apenas por uma tubulação. Dessa forma, seria interessante a divisão de carga desse emissário, canalizando parte dessa água para outro emissário a ser construído até o Rio KM 119. Sugere-se também o prolongamento da rede de drenagem por mais 9 metros, onde a partir deste ponto seria feita a redução na vazão de escoamento da água, com a formação de uma bacia de detenção. Esse prolongamento se deve ao fato de que a partir dos 9 metros de comprimento, a voçoroca se alarga, passando de 8m para 30m de largura, conforme constatado em campo. A bacia de detenção é um artifício utilizado para a retenção de águas pluviais, onde há perda de velocidade e abrandamento dos efeitos destrutivos do escoamento, além do controle da qualidade da água e recarga dos aquíferos (GRIBBIN, 2008). Dessa forma, quando ocorrerem chuvas intensas o volume escoado para a voçoroca seria retido na parte mais larga da erosão, e controlado por uma estrutura de saída de 90 metros a jusante, que pode ser um orifício. Na saída desse orifício seria construído um dissipador de energia de concreto, a fim de evitar que o solo continue erodindo. Assim, se tornaria possível, atenuar os efeitos do escoamento das águas pluviais e possibilitar maior infiltração da água escoada.

O reestabelecimento da APP é um importante passo para a recuperação da área. O córrego do Rio KM 119 não possui os 30 metros de mata ciliar, o que o torna mais suscetível aos processos erosivos. Dessa forma, deverá ser realizado o plantio dessa margem complementar, a fim de atender à legislação vigente e evitar maiores danos ambientais ao local.

A área a ser recuperada já possui certo grau de interação entre flora e fauna, mas é importante que se intensifique essa relação aumentando o número de indivíduos arbóreos. Plantas denominadas bagueiras (espécies-chave) são importantes para a recuperação do ambiente, pois desenvolvem frutos e atraem fauna ao local. É importante também considerar as espécies raras ou ameaçadas de extinção e que tenham épocas de floração e frutificação diferentes ao longo do ano. A fim de diminuir os impactos causados pela erosão, duas espécies em especial serão inclusas no processo de plantio a *Acnistus arborescens* (L.) Schltldl. e *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg. Estas espécies retêm sedimentos através de seu alto grau de enraizamento e formato do sistema radicular, o que justifica tal escolha.

*Acnistus arborescens* (Solanaceae) é popularmente conhecida como fruta-do-sabiá ou marianeira. Segundo Smith e Downs (1966), é uma árvore de pequeno porte, que pode atingir até 4 metros de altura, sendo considerada como arbusto. Apresenta frutos pequenos, macios e de coloração alaranjada, excelentes atrativos para avifauna. Essa espécie é indicada para áreas de recuperação ambiental, em sistemas silvipastoris e como cerca-viva.

*Gymnanthes klotzschiana* (Euphorbiaceae) é conhecida popularmente como branquilha. É uma espécie autocórica típica de planícies aluviais, ocorrendo em solos temporariamente alagados e em terrenos inclinados e erodidos. Segundo Medeiros e Zanon (1998), esta espécie é recomendada para recuperação de áreas úmidas degradadas. Sugere-se também o plantio de outras espécies nativas referências na recuperação de áreas degradadas como *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. (erva-mate), *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Euterpe edulis* Mart., *Cecropia pachystachya* Trécul, *Nectandra lanceolata* Ness, *Trema micranta* (L.) Blume e *Schinus terebinthifolius* Raddi.

Para promover a recuperação de uma área degradada, se faz necessário a retirada de espécies exóticas antes de iniciar o plantio de mudas nativas. Dessa forma, evita-se que as exóticas invasoras se sobressaiam sobre as mudas plantadas. A retirada das plantas exóticas invasoras se dará por meio da ação manual. Algumas mudas deverão ser plantadas ao redor do tronco podado para promover a competição e evitar o rebrotamento da exótica invasora. Os restos da planta cortada deverão ser levados para outro local onde possam ser incinerados.

O isolamento da área a ser recuperada também é importante, pois evita influências antrópicas no meio (como a deposição de lixo e a retirada de espécies vegetais), impede o fluxo de animais entre o fragmento florestal e a área urbana, e permite que o ambiente possa regenerar-se. Para isso, se torna importante cercar a área correspondente aos limites da Área de Preservação Permanente com tela aramada para garantir tal isolamento.

Como outra ação, tendo em vista que o loteamento tem parte da estrutura em APP e em área de aterro, sugere-se a adequação do arruamento e dos terrenos de acordo com as condições citadas, ou seja, desviando a área de APP, bem como o terreno correspondente ao aterro e canalização do rio que está sob o loteamento. Estas sugestões estão pautadas na Lei Federal, nº 6.766/79 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre parcelamento do solo urbano, quando dispõe de que não será permitido o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas; em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação; e em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

## CONCLUSÕES

O estudo realizado da voçoroca localizada em área periurbana da cidade de Campo Mourão permitiu o entendimento do processo erosivo, sua evolução e a influência do problema na área de entorno. Por meio de pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo, análise de material cartográfico e entrevistas com os moradores, foi possível elencar e discutir as principais causas e consequências envolvidas. As entrevistas foram fundamentais para se conhecer o histórico da área, além de evidenciar as consequências da erosão, permitindo apontar o aterro, a supressão da vegetação de APP, a drenagem urbana e o recente loteamento, como

principais causadores e agravadores da voçoroca. Como consequências, foram constatados danos às residências que circundam a erosão, além da poluição do córrego.

Além da problemática ambiental, foi possível perceber os transtornos sociais que a erosão causa aos vizinhos da área degradada, envolvendo acúmulo de lixo, forte odor, instabilidade do terreno, desvalorização dos imóveis, entre outras.

O trabalho apresentou ainda medidas para a contenção do processo erosivo, como a construção de uma bacia de contenção para armazenamento das águas pluviais e fracionamento da área drenada pela tubulação que desemboca no córrego. Uma vez contida a erosão, medidas como o reestabelecimento da APP, construção de cercas no local e adequação do loteamento, seriam formas de iniciar um processo de contenção do processo erosivo. O ideal seria a elaboração e execução de um Plano de Recuperação da Área Degradada - PRAD, para que as ações sejam permanentes e promovam maior equilíbrio ao ecossistema, bem como contribuam com a qualidade de vida à população de forma positiva.

Os resultados encontrados com o estudo de caso evidenciam e corroboram o que a literatura apontou, principalmente, em relação as ações não planejadas e não adequadas que obras de drenagem urbana necessitam. Obras de drenagem mal ou não planejadas podem acarretar no aumento da erosão, que em muitos casos, limitam a própria expansão urbana, além de resultar em problemas de ordem ambiental e social, conforme verificado no caso estudado. Isso evidencia que os problemas muitas vezes se repetem, só mudando de cenário, mesmo diante de medidas já conhecidas e testadas.

As questões que ficam é, por que ainda nos deparamos com situações como esta verificada em Campo Mourão, que, aparentemente, seriam simples de se resolver com a construção adequada de um sistema de emissários de águas pluviais, manutenção de área de APP e planejamento do uso do entorno do afluente? Como é possível o setor público liberar a construção do loteamento em cima da canalização do afluente e do aterro, suprimindo inclusive a área de APP, mesmo tendo tantas outras áreas disponíveis para a expansão urbana?

Talvez a dinâmica urbana relacionada as questões naturais ainda seja uma grande dicotomia para os órgãos públicos e privados que veem a terra apenas como um capital a ser explorado, sem considerar questões funcionais em termos ambientais. Talvez este seria um desafio cultural, relacionado a forma de pensar e ao modo de vida da maioria das pessoas. Talvez se a natureza e sua dinâmica não fossem suprimidas, o ser social não precisaria criar e recriar tentativas, na maioria das vezes, frustradas de resolver seus problemas.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Gustavo H. S.; ALMEIDA, Josimar R; GUERRA, Antonio J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do Solo**. São Paulo: Icone, 1999.

BRASIL. Lei nº 6.766/79, de 19 de Dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos Jurídicos. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/ccivil/>>. Acessado em: 19 set. 2014.

BRASIL. Lei nº 97.632/1989, de 10 de Abril de 1989. Dispõe sobre a recuperação de áreas degradadas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos Jurídicos. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/d97632.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm)>. Acessado em: 19 set. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acessado em: 22 mar. 2015.

CALIJURI, Maria do C.; CUNHA, Davi G.F. (Orgs.). **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. Articulação: MI - 505**. Brasília, 2007. 22 folhas. Escala 1:250.000.

FENDRICH, Roberto; OBLADEN, Nicolau L.; AISSE, Miguel M.; GARCÍAS, Carlos M. Drenagem e Controle da Erosão Urbana. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 1997. 485p.

FULLEN, M. A et al. Utilizing biological geotextiles: introduction to the Borassus Project and global perspectives. **Land Degradation and Development**, v.22, 2011.

GRIBBIN, John B. Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais. 3.ed. São Paulo: Cengage, 2008. 494 p.

GUERRA, Antônio J.T., SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, Antônio J. T (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, Antônio J. T.; JORGE, Maria do C. O (Orgs.). Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

LEKHA, K. R. Field instrumentation and monitoring of soil erosion in coir geotextile established slopes: a case study. **Geotextiles and geomembranes**, v. 22, 2004.

MEDEIROS, Antonio C. de S.; ZANON, Ayrton. Conservação de sementes de branquilho e de pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii* Klotzch ex e Ndl.), armazenadas em diferentes ambientes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.36, p. 57-69, 1998.

MINEROPAR. SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ. **Descrição das Unidades Lito Estratigráficas**. 2005. 1 carta. Escala 1: 250.000. Disponível em: <[http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/Geologococ/campo\\_mourao.PDF](http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/Geologococ/campo_mourao.PDF)>. Acessado em: 12 set. 2014.

MOTA, Suetônio. Urbanização e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

REZENDE, Marília Q.; PEIXOTO, Monica; OLIVEIRA, Luciana; SILVA, Karla. Recuperação de uma voçoroca em Sete Lagoas/MG, um estudo para implantação de aterro de inertes. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 11, 2014, Poços de Caldas. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/v.6/>>. Acessado em: 20 ago. 2015.

RODERJAN, Carlos V; GALVÃO, Franklin; KUNIOSHI, Yoshiko S.; HATSCHBACH, Gerdt G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiental**, v.24, n.1, p. 25-42, 2002.

SELBY, M. J. **Hillslope materials & processes**. New York: Oxford University Press, 1993.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. **Flora Ilustrada Catarinense: Solanaceae**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966.

TUCCI, Carlos E. M.; MARQUES, David, M. L. da (Orgs.). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora Universidade, 2000.

VERSORI, Wiliam. **Levantamento dos Emissários de Galerias Pluviais Contribuintes do Rio KM 119 Dentro do Perímetro Urbano do Município de Campo Mourão-PR**. 2007. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Letras de Campo Mourão - PR.