

PERMEABILIDADE DOS SOLOS NO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ-PR: SUBSÍDIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Francieli Sant'ana Marcatto ¹

Carlos Henrique Graça ²

Hélio Silveira ³

Fátima do Rosário Pazzinato Alves ⁴

RESUMO

O desenvolvimento urbano no Brasil e o aumento de superfícies impermeabilizadas, sem preocupar-se com soluções sustentáveis para o escoamento gerado, vêm causando sérios problemas socioambientais. Diante disso, o trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento físico-hídrico do Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e um solo em área de aterro, todos cobertos com gramíneas, no Campus sede da Universidade Estadual de Maringá (UEM), correlacionando os resultados com a ocorrência de chuvas intensas no município de Maringá – PR durante os anos de 1988, 1999 e 2009. As coletas e os ensaios de infiltração foram realizados apenas nos horizontes superficiais (Ap) dos solos. A densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total foram determinadas de acordo com o manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997) e a velocidade de infiltração foi determinada pelo método dos cilindros concêntricos (REICHARDT, 1990; BRANDÃO et al., 2006). Os dados de infiltração foram comparados aos dados de intensidade pluviométrica coletados na Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) para os anos de 1988, 1999 e 2009. Os resultados indicaram que o Latossolo e Nitossolo Vermelho encontram-se em boas condições físico-hídricas, com elevada capacidade de absorção de água. Em contrapartida, o

¹ Mestranda pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá – fran_marcatto@hotmail.com.

² Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá – henriquehg@gmail.com

³ Prof. Dr. do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá – hesilveira70@hotmail.com

⁴ Graduada em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá – fat_pazzin@outlook.com



solo em aterro indicou compactação superficial que combinados à intensidade pluviométrica, o tornam altamente suscetíveis à ocorrência de processos erosivos e inundações. Considerando os métodos de drenagem tradicionais presentes no campus da UEM e os índices de precipitação para a cidade de Maringá, é necessário a instalação de sistemas alternativos de drenagem para a garantia da sustentabilidade da área.

PALAVRAS-CHAVE: Permeabilidade. Drenagem sustentável. Intensidade pluviométrica.

SOIL PERMEABILITY IN THE MAIN CAMPUS OF THE UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, PARANÁ: SUBSIDIES FOR THE IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS

ABSTRACT

The urban development in Brazil, coupled with the increase of impermeable surfaces without concern about sustainable solutions for the increased water flow, has been causing serious social and environmental problems. Thus, the objective of this work is evaluating the physical-hydric behavior of red Ferralsol, red Nitisol and soil from an embankment area, all three covered by grass, inside the main campus of the Universidade Estadual de Maringá (UEM), correlating the results with heavy rainfalls in the city of Maringá, Paraná, during the years of 1988, 1999 and 2009. The samplings and infiltration tests were conducted on superficial horizons only. Soil density, particle density and total porosity were determined in accordance with the manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997) and infiltration speed was determined by the concentric cylinders method (REICHARDT, 1990; BRANDÃO et al., 2006). The infiltration data was compared to the rainfall intensity data collected by the Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) in the years of 1988, 1999 and 2009. The results showed that both red Ferralsol and Nitisol are under good physical-hydric conditions, with high water absorption capacity. On the other hand, the embankment soil showed superficial compaction, which combined to the high rainfall intensity, make it highly susceptible to erosive processes and flooding. Considering the traditional drainage methods employed in the UEM campus and the rainfall numbers for the city of Maringá, it is necessary to install alternative drainage systems in order to guarantee the area's sustainability.

KEYWORDS: Permeability. Sustainable drainage. Rainfall intensity.

PERMEABILIDAD DEL SUELOS EN CAMPUS SEDE DE LA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, PARANÁ: SUBSIDIOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE



RESUMEN

El desarrollo urbano en Brasil y en el aumento de superficies impermeables, sin tener que preocuparse acerca de las soluciones sostenibles para el flujo generados, están causando graves problemas sociales y ambientales. Así, el estudio tiene como objetivo evaluar el comportamiento físico-hídrico del Ferralsol rojo, Nitisol rojo y el suelo en el área de terraplén, todo cubierto con la hierba en la sede del Campus de la Universidade Estadual de Maringá (UEM), la correlación de los resultados con ocurrencia de lluvias intensas en Maringá - PR durante los años 1988, 1999 y 2009. Las colecciones y las pruebas de infiltración se llevaron a cabo sólo en los horizontes superficiales (Ap) del suelo. La densidad aparente, densidad de la partícula y la porosidad total se determinó de acuerdo con lo manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 1997) y la tasa de infiltración se determinó por el método de los cilindros concéntricos (Reichardt, 1990; BRANDÃO et al., 2006). Los datos de infiltración se compararon con los datos de intensidad de las precipitaciones recogidas en el Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) para los años 1988, 1999 y 2009. Los resultados indicaron que la Ferralsol y Nitisol están en buenas condiciones físicas e hidráulicas, con alta capacidad de absorción de agua. En contraste, la compactación de la superficie del suelo en terraplén indicó que combina la intensidad de lluvia, lo convierten en altamente susceptible a la aparición de la erosión y las inundaciones. Teniendo en cuenta los métodos tradicionales de drenaje en el campus de la UEM y los índices de precipitación para la ciudad de Maringá, necesita la instalación de sistemas de drenaje alternativas para garantizar la sostenibilidad de la zona.

PALABRAS CLAVE: *Permeabilidad. Drenaje sostenible. Intensidad de lluvia.*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano e a concentração da população em espaço reduzido, competindo pelos mesmos recursos naturais gera um conjunto de efeitos interligados, tornando necessário um desenvolvimento sustentável urbano, melhorando a qualidade de vida da população e a conservação ambiental (TUCCI, 2008).

A concentração populacional nos centros urbanos e a falta de políticas públicas, aliados ao avanço da impermeabilização do solo, conduzem a diversos prejuízos ambientais, como a poluição do ar e hídrica, a perda de biodiversidade e a redução da cobertura vegetal (BENETTI; BIDONE, 2012). Além destas, uma das principais consequências do processo de urbanização é a degradação do recurso solo, a ocorrência de erosão e o assoreamento dos cursos d'água (CADORIN; MELLO, 2011).

Tucci (1999) lista alguns fatores negativos inerentes ao processo de urbanização: o aumento de vazões máximas dos rios devido à impermeabilização de superfícies e ao aumento de condutos e canais de escoamento; aumento na produção de sedimentos devido a desproteção de superfícies; diminuição da qualidade da água, devido a lavagem de arruamentos, transporte de resíduos sólidos e ligações clandestinas de esgoto. Além disso, outro grave problema urbano são as expansões irregulares sobre áreas de mananciais de abastecimento humano, que vem comprometer a sustentabilidade hídrica das cidades (TUCCI, 2002).

A urbanização no Brasil tem se caracterizado como um processo não planejado, com ações de gestão de caráter corretivo, procurando solucionar situações problemáticas já estabelecidas. Desse modo, uma questão central do planejamento urbano, em busca de cidades sustentáveis é a permeabilidade do solo. O aumento de áreas impermeabilizadas acelera o processo de escoamento superficial transferindo para os sistemas de drenagem um grande volume de água, ocasionado pelo reduzido espaço de infiltração (CANHOLI, 2014). Além de superfícies impermeáveis nas cidades, há a alteração das propriedades dos solos, reduzindo a sua capacidade de absorção de água, potencializando ainda mais o escoamento e aumentando o pico de vazão e a contaminação dos cursos d'água.

Para Fagundes (2002) o processo de construção das cidades deve considerar as suas características naturais, como as condições hídricas, climáticas e topográficas, para que haja um melhor desempenho do uso do solo urbano. Com o planejamento urbano preocupado apenas com o desempenho construtivo das cidades, o meio ambiente só é considerado quando chega ao limite de sua capacidade de suporte, resultando em desastres naturais.

A drenagem urbana tem sido desenvolvida com o princípio de drenar a água das precipitações o mais rápido possível para jusante, aumentando a frequência e magnitude de enchentes (ARAUJO et al., 1999). Esse tipo de solução é limitado à medida que o sistema de drenagem se torna mais complexo, atingindo custos onerosos. O aumento de áreas impermeabilizadas tornam essas medidas

temporárias e insustentáveis, solucionando o problema em uma área e transferindo-o para outra (SOUZA, 2002). Portanto, tornam-se necessárias medidas que atuem na fonte de geração, aumentando a infiltração e retardando o escoamento.

Nesse sentido, surgem métodos sustentáveis de drenagem, como trincheiras de infiltração, bacias de retenção e poços de infiltração, empregados em áreas urbanas visando à retenção e infiltração das águas precipitadas, diminuindo a ocorrência de inundações (SILVA, 2007).

Conforme Souza (2002) os métodos alternativos de drenagem procuram favorecer os processos hidrológicos, reconstituindo as condições de pré-ocupação, procurando compensar os efeitos da urbanização na fonte. Essas estruturas agem tanto na redução da vazão máxima, funcionando como reservatórios de amortecimento, quanto na redução dos volumes escoados, através da infiltração das águas drenadas.

Lima (2009), estudando o comportamento de uma trincheira de infiltração em eventos de chuva simulada verificou que a mesma se mostrou eficiente no controle do escoamento superficial, absorvendo de forma eficiente o volume escoado.

Acioli (2005), avaliando a potencialidade de pavimentos permeáveis em reduzir o volume de escoamento de águas superficiais encontrou resultados satisfatórios, com apenas 5% de escoamento superficial para superfícies com revestimentos asfálticos permeáveis e 2,3 % para revestimentos em blocos vazados intertravados.

Diante disso, o conhecimento das propriedades físico-hídricas dos solos tornam-se ferramentas indispensáveis à gestão e planejamento urbano, permitindo o emprego de técnicas de drenagem que aproveitem o potencial natural de absorção de água no solo.

A permeabilidade está associada a fatores como a quantidade, continuidade e tamanho dos poros, sendo a compactação e a descontinuidade dos poros responsáveis pela redução significativa da permeabilidade do solo à água. Conhecer a velocidade de infiltração e a condutividade hidráulica é fundamental a

solução de problemas como a irrigação, drenagem, conservação do solo e da água e o controle do deflúvio superficial (SOUZA e ALVES, 2003).

Tendo em vista a importância do conhecimento das propriedades físico-hídricas dos solos, como subsídios a implantação de métodos alternativos de drenagem, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento físico-hídrico do Latossolo Vermelho textura argilosa, Nitossolo Vermelho textura argilosa e um solo em área de aterro, todos cobertos com gramíneas, no Campus sede da Universidade Estadual de Maringá (UEM) correlacionando os resultados com a ocorrência de chuvas intensas no município de Maringá – PR durante os anos de 1988, 1999 e 2009, uma vez que a drenagem superficial vem causando problemas tanto no Campus da UEM quanto no seu entorno.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Campus sede da Universidade Estadual de Maringá, no norte central do estado do Paraná, entre as coordenadas 23° 24' 17" a 23° 24' 15" de latitude sul e 51° 55' 56" a 51° 56' 52" de longitude oeste.

As amostras foram coletadas no horizonte superficial (Ap) do Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e num solo de área aterrada (Figura 1), todos de textura argilosa e derivados da decomposição de rochas básicas da Formação Serra Geral. Embora encontrados em posições topográficas diferentes (alta e média vertente), os três pontos amostrados exibem formas de relevo suavizadas, com declividades inferiores a 6% e ocorrência do mesmo tipo de uso, as gramíneas.

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de amostragem e a Estação Climatológica no campus sede da Universidade Estadual de Maringá - PR.



As análises de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), com a coleta de amostras indeformadas utilizando anéis volumétricos de 143 cm³.

Os ensaios de infiltração foram realizados *in situ* com infiltrômetro de cilindros concêntricos medindo 25 cm de diâmetros (cilindro interno), 50 cm de diâmetro (cilindro externo) e alturas de 15 cm, encravados no solo e cheios de água, mantendo uma lâmina d'água padronizada na altura mínima de 2 cm e máxima de 5 cm, com a taxa de infiltração medida utilizando uma régua verticalmente colocada no centro do anel interno e observações em intervalo de tempo regular (REICHARDT, 1990; BRANDÃO et al., 2006). A velocidade de infiltração da água no solo é mensurada utilizando a equação (1) e a infiltração acumulada dada diretamente pela leitura da régua.

$$V_i = \frac{h_1 - h_2}{t_1 - t_2} \quad (1)$$

Onde: V_i = Velocidade de infiltração (mm/h); h_1 e h_2 = alturas da lâmina d'água (mm); t_1 e t_2 = tempo decorrido (horas).

Através dos resultados hídricos dos solos determinou-se a velocidade de infiltração (mm/h), a infiltração acumulada (mm) e o tempo (horas) de interseção dessas curvas, conforme Reichardt (1990), obtendo a capacidade de absorção de água dos solos.

Para melhor nível de mensuração na área de estudo, os resultados hídricos dos solos foram contrastados com a ocorrência de chuvas intensas estabelecidas (INMET, 1999) em anos representativos considerados como habitual, chuvoso e tendente a seco (MONTEIRO, 1976). Para isso, foram levantados dados pluviométricos e pluviográficos correspondentes à série temporal de 1976 a 2012, obtidos junto a Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) pertencente à rede de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no campus sede da Universidade Estadual de Maringá (Figura 1).

A escolha dos anos padrão representativos (habitual, chuvoso e tendente a seco) foi realizada aplicando a tipologia de determinação de anos padrão proposta por Monteiro (1976). Com a aplicação da tipologia identificou-se os anos de 1988 (tendente a seco), 1999 (habitual) e 2009 (chuvoso) como os mais representativos para a série temporal analisada para a cidade de Maringá. Após essa identificação foi procedida à análise dos diagramas diários registrados pelo pluviógrafo da Estação Climatológica, onde os valores obtidos foram utilizados para a classificação da intensidade pluviométrica, que seguiu os critérios estabelecidos no Manual de Observações Meteorológicas (INMET, 1999). Embora o manual traga inúmeras classificações para a chuva, adotou-se como mais significativa para o estudo apenas as classes de chuva Fraca, Moderada e Forte (Quadro 1), que segue o mesmo padrão de classificação instituído pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), conforme Deffune et al. (1995).

Quadro 1: Classe de intensidade de precipitação, segundo o Manual de Observações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (1999).

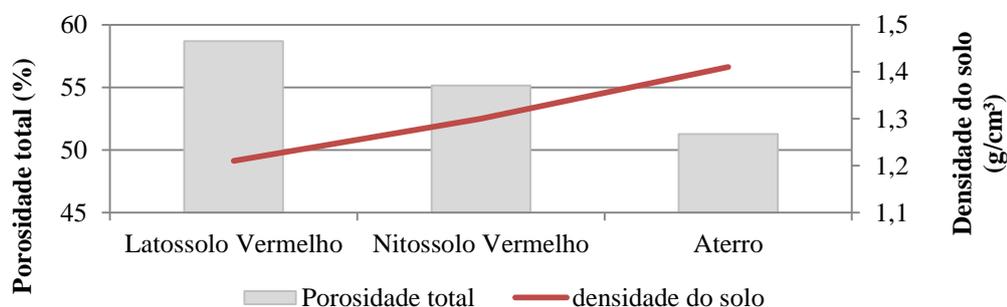
CLASSE DE INTENSIDADE	mm/60min.	mm/10min.
FRACA	1,1 mm \geq P \leq 5,0 mm	0,8 mm (máximo)
MODERADA	5,1 mm \geq P \leq 60,0 mm	6,0 mm (máximo)
FORTE	P \geq 60,1 mm	10,0 mm

Fonte: INMET (1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização física dos solos partiu da avaliação da densidade do solo e da porosidade total. Para essas análises físicas o Latossolo Vermelho textura argilosa indicou densidade do solo de 1,21 g.cm³ e porosidade total de 59,0%, já o Nitossolo Vermelho apresentou densidade de 1,30 g.cm³ e porosidade total de 55%. Na avaliação do solo de aterro foi observado o maior valor de densidade e conseqüentemente a menor porosidade total, com 1,41 g.cm³ e 51% de poros, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 - Porosidade total e densidade do solo do Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e aterro no Campus sede da Universidade Estadual de Maringá –PR.



Em todos os solos foram observadas boas condições de porosidade, no entanto, em análise conjunta com os dados de permeabilidade, é possível perceber

que a porosidade total não representa a condição efetiva de aeração do solo, já que no solo do aterro foram encontrados valores muito inferiores de infiltração, comparados aos outros solos em estudo. Quando um solo é compactado há o aumento da sua resistência e a diminuição dos seus macroporos, com a consequente redução da aeração, infiltração e condutividade hidráulica saturada (REICHERT et al., 2007). Assim, pode-se inferir que houve uma redução dos macroporos do solo, que são responsáveis pelo movimento do ar e da água (KIEHL, 1979). Nesse sentido, Alves et al. (2007) afirmam que a degradação da estrutura do solo provoca a diminuição dos seus macroporos e consequentemente a redução na área da seção transversal para o fluxo de água e percursos mais tortuosos para o movimento de fluido, afetando o processo de infiltração.

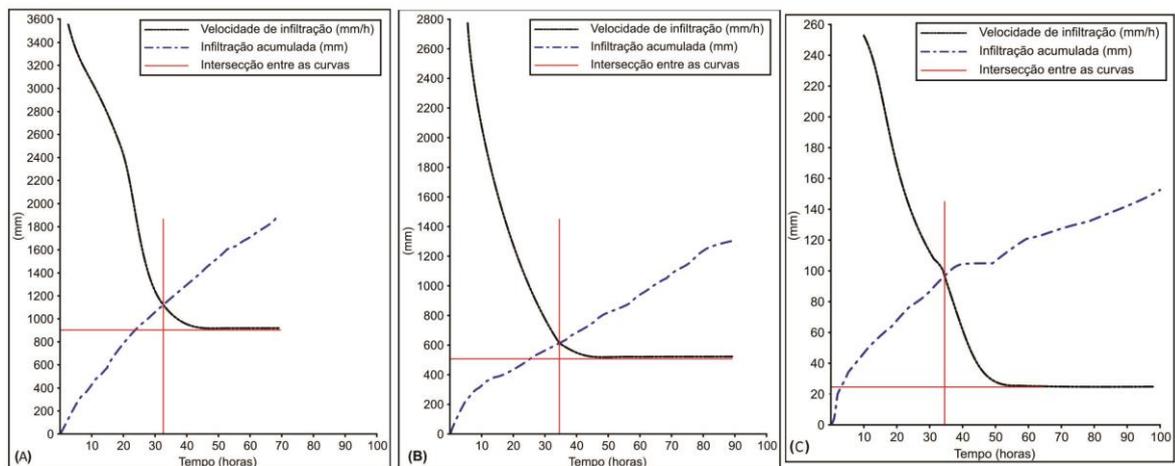
Quanto ao comportamento hídrico dos solos, o ensaio de permeabilidade do Latossolo Vermelho indicou velocidade de infiltração média de 1200 mm/h. Para o Nitossolo Vermelho a infiltração média foi de 730 mm/h e para o solo de aterro a velocidade de infiltração foi 8 e 5 vezes menor quando comparado ao Latossolo e Nitossolo, respectivamente, com média de 91,0 mm/h.

A taxa de infiltração e a redistribuição de água no solo são fundamentais no controle da formação do escoamento superficial, erosão, transporte de solutos em superfície, na vazão de base dos rios e na recarga de aquíferos em subsuperfície (BERTOL et al., 2014). Assim, o conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo e da condutividade hidráulica auxilia na implantação de sistemas de irrigação, drenagem do solo, conservação do solo e da água, conservação da recarga do lençol freático e controle do deflúvio superficial, tornando-se de grande importância ao manejo do solo e da água na avaliação do processo de infiltração e as suas relações com as propriedades dos solos (BEUTLER et al., 2001; SOUZA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2013).

A partir dos cálculos relacionados à velocidade de infiltração e infiltração acumulada realizada, pode-se observar que o Latossolo é capaz de absorver até 900 mm de água em aproximadamente 32 minutos, ultrapassando esse tempo, a

água passará a escoar pela superfície (Figura 3A). O Nitossolo Vermelho apresentou uma capacidade de suporte de 500 mm de água atingida em 34 minutos (Figura 3B). A capacidade de suporte à absorção do solo em aterro foi a menor em relação ao Latossolo e Nitossolo, com a saturação do perfil sendo atingida com aproximadamente 22 mm de água em até 33 minutos (Figura 3C). Em análise conjunta com a densidade do solo é possível atribuir a baixa infiltração à compactação da área.

Figura 3 – Velocidade de infiltração e infiltração acumulada do Latossolo Vermelho (A), do Nitossolo Vermelho (B) e do solo de aterro (C) cultivados com gramíneas, no Campus sede da Universidade Estadual de Maringá.



Ao relacionar os dados de infiltração de água no solo com as intensidades pluviométricas nos anos de 1988 (tendente a seco), 1999 (habitual) e 2009 (chuvoso) obtidas na Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), foi possível traçar quais intensidades pluviométricas ocorridas nesses anos causariam a saturação do solo e, conseqüentemente, daria início ao escoamento superficial, resultando em enchentes e/ou processos erosivos na área de estudo.

Seguindo os critérios de determinação do grau de intensidade de precipitação do Manual de Observações Meteorológicas do Instituto Nacional de

Meteorologia (1999), correlacionando com os ensaios de infiltração, determinou-se que todas as chuvas fortes (acima de 60,0mm/h) e parte das chuvas moderadas (5,0 mm/h a 60,0 mm/h) já seriam suficientes para atingir a capacidade limite de absorção de água para a área de aterro, que foi de 22 mm em 33 minutos.

Para o ano de 1988 foram observadas 29 chuvas de intensidade moderada e 8 chuvas de intensidade forte. Para o ano de 1999 houve um decréscimo no número de chuvas moderadas, com 24 ocorrências e aumento na quantidade de chuvas fortes, com 14 ocorrências, comparado ao ano de 1988. O maior número de precipitações moderadas e fortes para os anos analisados ocorreu em 2009, com 50 chuvas moderadas e 26 chuvas fortes (Tabela 1). Assim, para os três anos analisados ocorreram 103 chuvas de intensidade moderada e 48 chuvas de intensidade forte, com média anual de 34 e 16 chuvas, respectivamente.

Para o campus sede da Universidade Estadual de Maringá, solos com características semelhantes às observadas no aterro teriam a sua capacidade de absorção atingida com precipitações de intensidade moderada e forte. A elevada densidade do solo e reduzida velocidade de infiltração, provocaria a rápida saturação e o início do escoamento superficial.

Tabela 1- Ocorrência de chuvas moderadas e fortes para os anos de 1988, 1999 e 2009 em Maringá.

Ano de ocorrência	Intensidade pluviométrica	
	Moderada	Forte
1988	29	8
1999	24	14
2009	50	26

Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá (2014)

Com base nos resultados de densidade do solo, porosidade total, velocidade de infiltração e a correlação com as intensidades pluviométricas, foi possível avaliar a capacidade de absorção dos solos e a sua maior ou menor suscetibilidade a

enchentes e processos erosivos, bem como o seu potencial de aproveitamento para a instalação de sistemas de drenagem sustentável. As piores condições observadas ocorreram no solo de aterro, com elevada densidade do solo ($1,41 \text{ g.cm}^3$) e reduzida velocidade de infiltração, constatando a compactação da área. A correlação com os dados pluviográficos demonstrou que esse solo teria sua capacidade de suporte atingida, em média, 34 vezes ao ano com chuvas moderadas e 16 vezes com chuvas de intensidade forte, com grandes volumes de água escoando em superfície, demonstrando a sua alta suscetibilidade à erosão e inundações.

O Campus sede da Universidade Estadual de Maringá possui um sistema de drenagem convencional, que busca conduzir rapidamente o escoamento das águas pluviais, sem preocupar-se com a geração do mesmo. Em períodos de precipitações intensas é comum observar o acúmulo de água nos arruamentos e a dificuldade dos dutos de drenagem em absorver o fluxo de água. Isso ocorre em menor escala na Universidade Estadual de Maringá e em maior escala em grande parte da área urbana do Município de Maringá, que sofre frequentemente com pontos de alagamento. Além do método tradicional de drenagem, o agravante é o grande número de superfícies impermeabilizadas, como estacionamentos, calçamentos, arruamentos, áreas compactadas, prédios, entre outros, que potencializam a geração e o fluxo do escoamento superficial.

O conhecimento das propriedades físico-hídricas dos solos, como a sua capacidade suporte de absorção de água e a ocorrência de chuvas de intensidade moderada e forte é fundamental aos gestores públicos para a criação de métodos de drenagem mais eficientes, que considerem o potencial de infiltração de água dos solos. Assim, a alta capacidade de absorção de água do Latossolo e Nitossolo na área de estudo deve ser aproveitada, bem como a baixa capacidade de absorção do solo de aterro deve servir como base para a instalação de drenagens sustentáveis, minimizando os impactos do escoamento superficial.

Peiter e Poletto (2012), Silva (2007), Souza (2002) e Lima (2009), estudaram a viabilidade de implantação de trincheiras de infiltração em áreas urbanas, obtendo

resultados excelentes como alternativa para o controle do escoamento superficial.

O uso de revestimentos permeáveis também surge como uma boa alternativa, onde a precipitação é desviada através de uma superfície permeável para camadas de solo subjacentes. As principais vantagens de aplicação dos revestimentos permeáveis são a redução da vazão e do volume escoado sobre superfícies pavimentadas, a possibilidade de uso em áreas já urbanizadas e a diminuição do sistema de drenagem pluvial (SILVA, 2006).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados das análises físico-hídricas e a correlação com as intensidades pluviométricas para o município de Maringá, pode-se concluir que Latossolo e Nitossolo Vermelho apresentaram os melhores resultados para todos os ensaios realizados, com baixa densidade do solo, elevada porosidade total e velocidade de infiltração. Em contrapartida, o solo de aterro apresentou elevada densidade do solo e reduzida velocidade de infiltração, constatando a compactação da área.

A correlação com os dados pluviométricos demonstraram que o solo de aterro teria sua capacidade máxima de infiltração atingida, em média, 34 e 16 vezes ao ano, com chuvas de intensidade moderada e forte, respectivamente, com grandes volumes de água escoando em superfície, demonstrando a sua alta suscetibilidade a ocorrência de erosões e inundações.

Considerando o grande número de superfícies impermeabilizadas e a impermeabilização de solos devido ao tráfego de pessoas e veículos, é necessário a instalação de medidas alternativas que melhorem o sistema de drenagem do campus sede da Universidade Estadual de Maringá, tornando-o mais eficiente e sustentável.



REFERÊNCIAS

ACIOLI, L.A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. 2005. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de Pós graduação em Recursos hídricos e saneamento ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.S.; SUZUKI, L.E.A.S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 617-625, 2007.

ARAUJO, P.; TUCCI, C. E. M. Análise da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. In: **Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa**, 1999, Coimbra. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 1999.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **HIDROLOGIA: Ciência e Aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS-ABRH, 2012. p.849-875.

BERTOL, O.J.; FAVARETTO, N.; MINELLA, J. Dinâmica da água no meio agrícola e sua relação com uso e manejo do solo. In: **Boletim informativo de Ciência do Solo da SBCS**, v.1, n.1, p. 42- 47, 2014.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 167 – 177, 2001.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da Água no Solo**. 3ª ed. atual. ampl. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Manual de Observações Meteorológicas**. 3. ed. Brasília, DF, 1999.

CADORIN, D.A.; MELLO, N.A. Efeitos da impermeabilização dos solos sobre a arborização no município de Pato Branco-PR. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v.6, n.1, 2011.

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

DEFFUNE, G.; KLOSOWSKI, E.S.; SILVA, S.M. Concentração de intensidade pluviométrica de Maringá, 1976-1994. **Revista Unimar**, v.17, n.3, p. 489-499, 1995.

EMBRAPA. – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.

FAGUNDES, L. **Elaboração de índice ambiental urbano através da análise de densidade populacional e superfície impermeável em bacias hidrográficas**. 2002. 190f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres,



1979. 266p.

LIMA, V.C.G.R. **Análise experimental e numérica de trincheiras de infiltração em meio não saturado**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. Série Teses e Monografias, nº28, São Paulo: USP, 1976. 54p.

OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; ROSSETI, K.V.; FERRAUDO, A.S.; FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; BÁRBARO JUNIOR, L.S. Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho submetido à compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 604-612, 2013.

PEITER, T.V.; POLETO, C. Estudos dos efeitos de trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial. **Revista Brasileira de estudos ambientais**, v. 14, n.2, p.57-67, 2012.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos Ci. Solo**, v.5, p.49-134, 2007.

SILVA, G.B.L. **Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas**. 2006. 180f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, J.P. **Estudos preliminares para implantação de trincheiras de infiltração**. 2007. 155f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SOUZA, V.C.B. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial**. 2002. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOUZA, Z.M.S.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.18-23, 2003.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. In: CUNHA, A.R.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas Doces no Brasil**. 1ed. São Paulo: Escriuras, v. 1, p. 475-508, 1999.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n.1, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C.E.M. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, v.22, n.63, 2008.