

Delimitação de Zonas de Saturação na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim.

Fernando Arruda Damacena¹; Renato Fontes Guimarães¹; Rafael de Castro Catão¹; Roberto Arnaldo Trancoso Gomes¹; Felipe Lima Ramos Barbosa¹; Osmar Abílio de Carvalho Júnior¹; Éder de Souza Martins².

¹Universidade de Brasília – UNB – Departamento de Geografia – IH/GEA

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados

{nandoarruda, rafadicastro, felipelrb}@gmail.com; {renatofg, robertogomes, osmarjr}@unb.br; eder@cpac.embrapa.br

Resumo

Saturação do solo é um tema que desperta o interesse tanto da comunidade científica quanto da população em geral. Afinal, sua ocorrência pode desencadear graves problemas a sociedade. Por esse motivo, diversos autores consagrados já trabalharam esse tema sob variados pontos de vista. Nesse trabalho, o fenômeno foi abordado por meio da modelagem hidrológica / matemática desenvolvida por O'Loughlin (1986) e aplicada na bacia hidrográfica do rio Jardim, localizada na porção leste do Distrito Federal (DF). Para a aplicação do modelo, foram utilizados dados pluviométricos, transmissividade do solo, área de contribuição e a própria declividade do local dentro de um ambiente de sistema de informação geográfica. Foi definido um cenário de chuva, com intuito de se observar como os solos da bacia se comportam em relação à saturação. Os dados de transmissividade foram obtidos pontualmente apenas para a área do alto rio Jardim e interpolados. O modelo foi aplicado, para obtenção do mapa de saturação na paisagem (para o alto Jardim) que quando comparado com o mapa de solos evidenciou as diferentes capacidades de absorção da água dos solos na região. Os maiores índices de saturação foram localizados nos gleissolos e os menores nos cambissolos. A partir da identificação dos valores de transmissividade característicos de cada classe de solo, para o alto Jardim, utilizou-se um valor médio para as classes de solo de toda a bacia e desta forma foi elaborado o mapa de saturação na paisagem em toda sua extensão. Esse mapeamento possibilita identificar o comportamento hidráulico dos solos na paisagem podendo subsidiar o mapeamento de solos bem como orientar ações para fins de planejamento do uso da terra.

Palavras chave: saturação do solo, modelo matemático, transmissividade.

Abstract

The soil saturation is an important issue that's awakes interest of scientific community as well as the general population. After all, its occurrence can unleash serious problems to the society. For this reason, several renowned authors have already worked with this issue in several points of view. In this paper, the phenomenon will be broach by the hydrological / numeric model developed by O'Loughlin (1986) that was applied in the hydrographic basin of Jardim river, situated in the east portion of Distrito Federal (DF). For the modeling application, was use pluviometric data, soil transmissivity, contribution area and slope, in a geographic information system environment. A rain scenario was defined, in order to observe how does the basin soil's behave in relation with saturation. The transmissivity data was punctual obtained only for the upper Jardim area, and than, interpolated. The model was applied for the acquirement of the landscape saturation map (for the upper Jardim) and when compared with he soils map evidenced different capabilities of water absorption in the region's soils. The highest indexes of saturation were located in the *gleissolos* and the lowest in the *cambissolos*. From the identification of the characteristic transmissivity values for each soil, in the upper Jardim, was used one average value for each soil class in the entire basin and, with this way, was elaborated an landscape saturation map in all basin extension. This mapping allows identify the hydraulic behavior of the landscape soils, been able to help the soil mapping and as well as to guide actions towards the planning of land use.

Key words: soil saturation, numeric model, transmissivity.

1. Introdução

Saturação do solo é um tema que desperta interesse no meio acadêmico, sobretudo, quando sua ocorrência atinge o espaço organizado pelo homem. As conseqüências, desse fenômeno, podem ser imediatas, como inundação e conseqüente destruição de casas, alagamento de ruas, perda de vidas etc, ou podem ser tardias (secundárias), como o aumento dos preços de determinados alimentos, em decorrência de alagamentos e destruição de lavouras, ou mesmo por impossibilitar o plantio (SANTI, 2004).

A saturação do solo ocorre quando por meio da infiltração da água o solo não consegue mais contê-la e a partir deste momento a água passa a ser escoada superficialmente. Fatores como: propriedades do solo, características das chuvas, umidade já presente no solo e cobertura vegetal influenciam na saturação do solo (GUERRA & GUERRA, 2003).

A modelagem matemática vem sendo cada vez mais utilizada para a delimitação de zonas de saturação dos solos na paisagem, pois possibilita, mesmo que de forma aproximada, representar a realidade de um determinado ambiente e permiti, em muitos casos, a previsão dos processos que nele irão ocorrer. Neste contexto diversos trabalhos desenvolveram procedimentos computacionais voltados para a definição de áreas de contribuição e de zonas de saturação no relevo (O'LOUGHLIN, 1986; MOORE et al., 1988; MOORE & GRAYSON, 1991; entre outros).

Dentro deste contexto, o trabalho tem como objetivo a identificação das áreas susceptíveis a saturação na paisagem na bacia do rio Jardim (DF) utilizando o modelo desenvolvido por O'Loughlin (1986) dentro de um ambiente de sistema de informação geográfica.

1.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Jardim (Figura 1) está localizada a leste do DF, entre as latitudes 15° 40' e 16° 02' S e longitudes 47° 20' e 47° 40' W (GOMES-LOEBMANN, 2005). Possui área de 527,55 Km², o que representa aproximadamente 50% da área de contribuição da bacia do rio Preto inserida no DF (SPERA et al., 2002). Sendo esse um dos afluentes do rio São Francisco (ANA, 2005). Dentro da rede de drenagem da bacia do rio Jardim, destacam-se como principais afluentes os córregos Taquarí, Cariru e Lamarão. Além desses, outros trinta e um cursos d'água de menor porte, também, deságuam no rio Jardim (DOLABELLA, 1996).

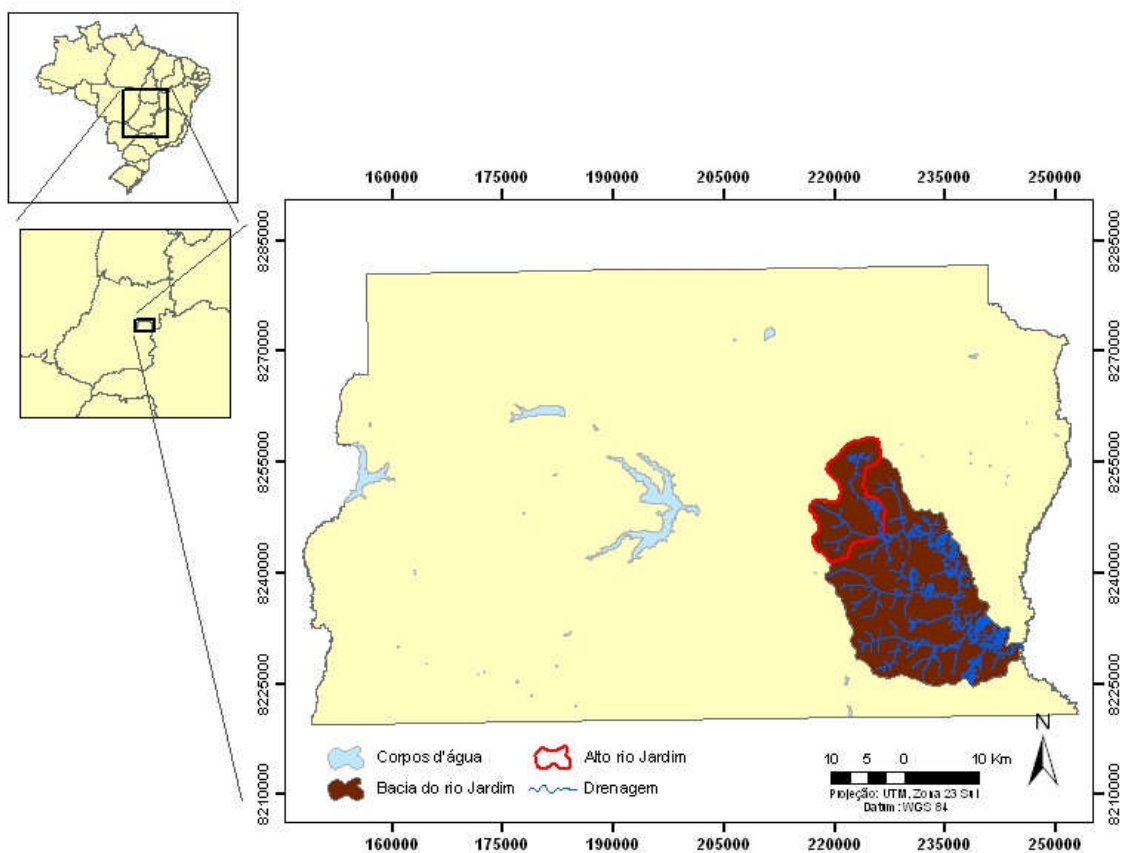


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Jardim.

No que diz respeito ao tipo de ocupação presente na bacia, ela é majoritariamente utilizada para a agricultura. Sendo a maior responsável por abastecer a população brasileira com os grãos de milho, soja, trigo e feijão, além de parte das hortaliças, frutas, carne bovina, aves, ovos e leite (SPERA et al., 2002). Esse relevante papel agrícola evidencia a importância de estudos nesta região, em especial, no que diz respeito à maximização ou a prevenção de perdas na produção.

As características físicas e geomorfológicas da bacia influenciam diretamente na possibilidade de saturação do solo. Pois, são elas que determinam desde os caminhos percorridos pelas águas das chuvas até sua capacidade de infiltração no solo.

Essa bacia possui altimetria que alterna de 820 a 1175 metros. Com relevo que varia de plano a fortemente ondulado, respeitando a seguinte distribuição: 12,40% plano; 54,87%

plano e suavemente ondulado; 15,74% suave-ondulado; 16,95% ondulado; e 0,05% forte-ondulado a escarpado (SPERA et al., 2002). No que tange a geologia, a bacia é composta por rochas dos grupos Canastra (5%), Paranoá (25%), e Bambuí (70%) (FROTA, 2006).

A característica de cada classe de solo é um fator relevante no estudo de áreas saturáveis, na bacia estão inseridas as seguintes classes: Latossolo Vermelho (39%), Cambissolo Háplico (29%), Latossolo Vermelho-Amarelo (19%), Latossolo Amarelo (4%), Gleissolo Háplico (2%), Plintossolo Háplico (2%), Nitossolo Háplico (1%) e pequenas áreas de Nitossolo Vermelho, Gleissolo Melânico, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico e Afloramentos Rochosos.

Quanto a Geomorfologia a bacia do rio Jardim é composta por quatro macro unidades geomorfológicas, sendo elas: Chapadas Elevadas; Dissecção Intermediária; Rebordos; e Planícies Aluvionares (FROTA, 2006).

2. Modelo de saturação do solo

O modelo matemático desenvolvido por O'Loughlin (1986) define que o padrão de equilíbrio de saturação do solo se baseia na análise da área de contribuição a montante, na precipitação, na transmissividade do solo e na declividade. O modelo considera que o fluxo de água da precipitação se infiltra até um plano de baixa condutividade, que geralmente é o contato solo-rocha, neste momento a água segue o caminho determinado pela topografia e que resultará na sua acumulação em áreas de baixa altitude (ex. fundos de vale) (GUIMARÃES, 2000). Com a conseqüente concentração nestas localidades a possibilidade do solo saturar é maior.

Esse modelo determina a condição de saturação do solo, sendo expresso pelo índice de umidade W (Equação 1). Os resultados de W superiores a 1 indicam que o solo com esses valores possuem condições suficientes para virem a saturar.

$$W = \frac{Q}{T} \cdot \frac{a}{b \text{ sen } \theta} \quad \text{Equação (1)}$$

Nesta formula matemática: (Q) é o valor de precipitação; (a) a área drenada à montante; (T) é a transmissividade do solo; (b) é o elemento de contorno de comprimento que passa a precipitação; $(\text{sen}\theta)$ é o seno da declividade local (GUIMARÃES, 2000).

3. Metodologia

3.1. Modelo Digital de Terreno (MDT) e área de contribuição

Utilizando os dados de pontos cotados, curvas de nível e hidrografia oriundos do Sistema de Informação Territorial e Urbana do DF (SITURB), foi confeccionado o MDT a partir do interpolador TOPOGRID *software ArcInfo* com *pixel* de 10 metros. Posteriormente, foram corrigidas as depressões espúrias encontradas para que elas não influenciassem no regime de fluxo da bacia. A partir do MDT foi calculado o mapa de área de contribuição, por meio do método *D-infinito* desenvolvido por Tarboton (1997). Esse método realiza a distribuição de fluxo de forma proporcional entre as células localizadas à jusante, de acordo com a declividade local.

3.2. Dados pluviométricos

Em virtude da área de estudo estar localizada no DF, os índices coletados pelo INMET para essa Unidade Federativa servirão de base para a escolha do valor pluviométrico a ser adotado na bacia do rio Jardim. Assim, valores diários de chuva em torno de 20 mm/dia foram encontrados com relativa frequência pelo INMET, no mínimo 12 vezes por ano desde 2001. Por isso essa quantidade de chuva foi a escolhida para as simulações do modelo.

3.3. Transmissividade

A transmissividade do solo é uma das variáveis utilizadas para a obtenção do índice de umidade W . Esse parâmetro é obtido por meio da multiplicação do valor da permeabilidade do solo com o valor da espessura do solo. Os dados empregados neste trabalho foram adquiridos junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que realiza pesquisas na bacia do rio Jardim¹. A Embrapa instalou 45 poços piezométricos (Figura 2) para a obtenção dos dados de transmissividade para o alto Jardim. A permeabilidade foi determinada para os 45 poços a partir do permeâmetro de carga constante e a espessura do solo foi considerada para solos profundos como a distância entre a superfície do solo e o lençol freático. Essa distância é uma média para os meses de março a agosto de 2004 visto que esta simulação será feita para uma situação de primeira chuva após a estação seca. A transmissividade foi então interpolada pelo

¹ Caracterização dos recursos hídricos na Bacia do rio Jardim, sua disponibilidade e demanda em agricultura irrigada na região do Cerrado (Coordenadora: Suzana Druck Fuks). Agradecimentos a Embrapa por ceder os dados.

método *Topo to Raster*² para, desta forma, se obter dados para todo o alto Jardim, foi utilizado o mesmo valor (tamanho) de *pixel* do MDT.

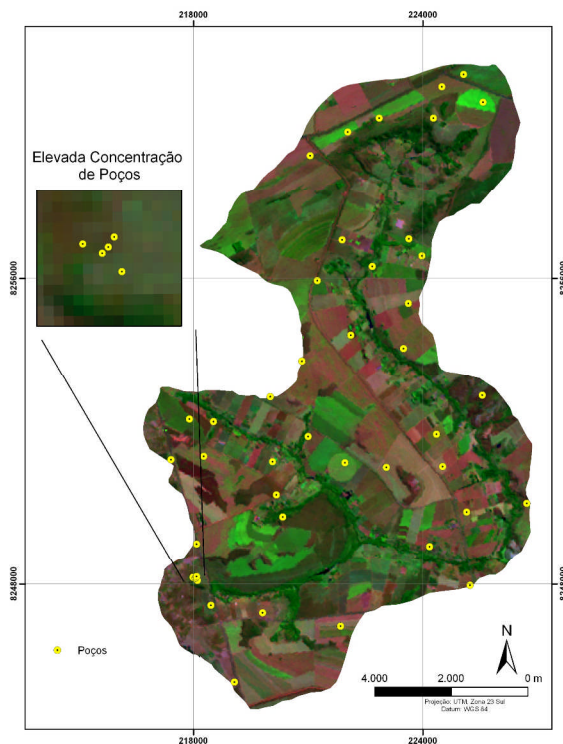


Figura 2 – Localização dos poços piezométricos no alto rio Jardim.

4. Resultados e discussões

4.1. Áreas de saturação para o alto Jardim

Com todas as variáveis estabelecidas foi elaborado o mapa de saturação do solo para o alto Jardim com o cenário de chuva de 20 mm/dia. O modelo matemático de O’Loughlin (1986) estabelece que os resultados superiores a 1 correspondem a zonas que possuem condições suficientes para saturar. A Figura 3 localiza as áreas de saturação dos solos (tons de cor azul), e áreas não saturáveis (tons de cor bege). Ao lado tabela com a quantificação de cada uma destas áreas. Conforme observado é significativa a área propícia à saturação nesse cenário de chuva, em torno de 14 % (14,46 Km²).

² Considerado o melhor método para o tipo de análise realizada no presente estudo.

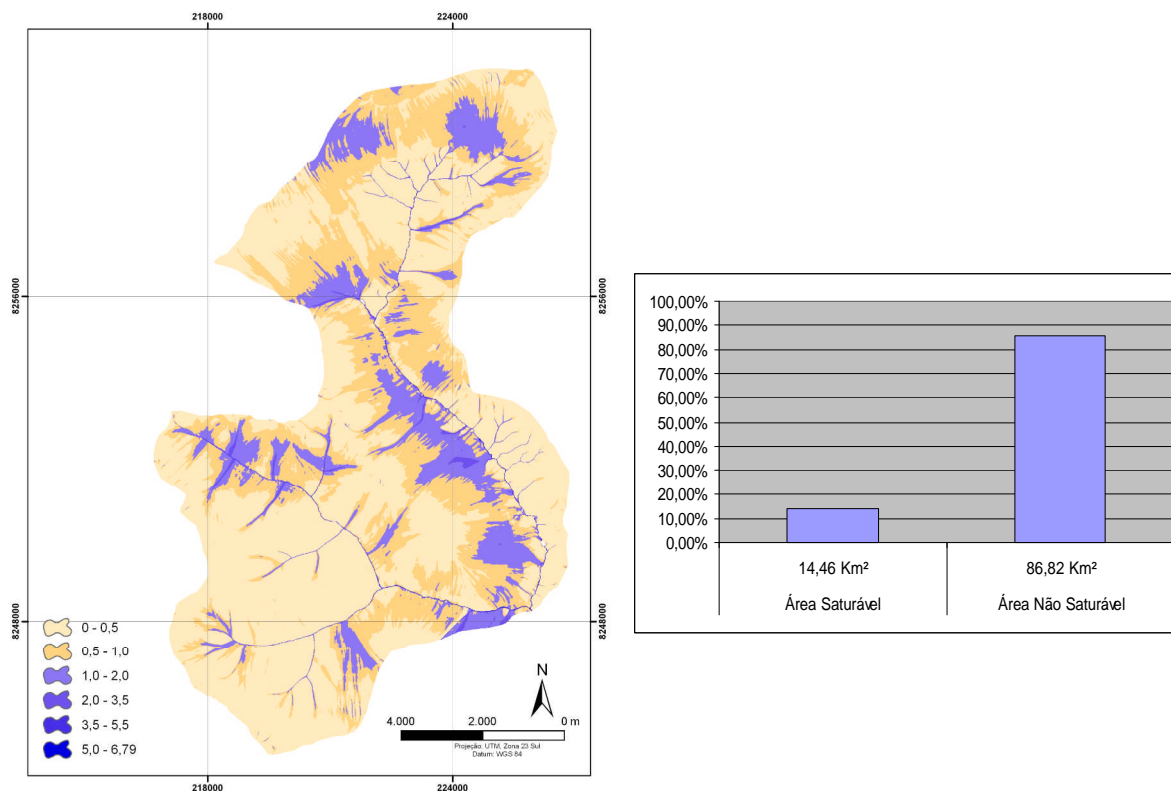


Figura 3 – Saturação do solo no alto Jardim, 20mm/dia de chuva.

4.2. Comparação da saturação para o alto Jardim com o mapa de solos

Abaixo, estão lado a lado as figuras com o padrão de saturação do solo para o alto Jardim (obtido pela interpolação) e o mapa de solos (adaptado da Embrapa) (Figura 4). É possível notar uma relativa correlação entre o tipo de solo e o comportamento positivo à saturação, sobretudo, para caso dos gleissolos, afinal, áreas saturáveis coincidem com boa parte desta classe de solo. Ao contrário, os cambissolos, que estão em áreas de maior declividade, encontram-se nas áreas menos susceptíveis a saturação. No caso dos latossolos, eles não demonstraram padrão definido, possuindo áreas saturáveis e não saturáveis, variando principalmente conforme sua posição no relevo. As áreas de saturação localizadas na classe Latossolo, na parte central do mapa, merecem uma melhor investigação, porque poderá existir solos do tipo gleissolos, já que encontram-se em áreas relativamente planas e próximas a

drenagem principal da bacia. Do mesmo modo, na parte inferior do mapa, o gleissolo poderá ter seus limites reduzidos.

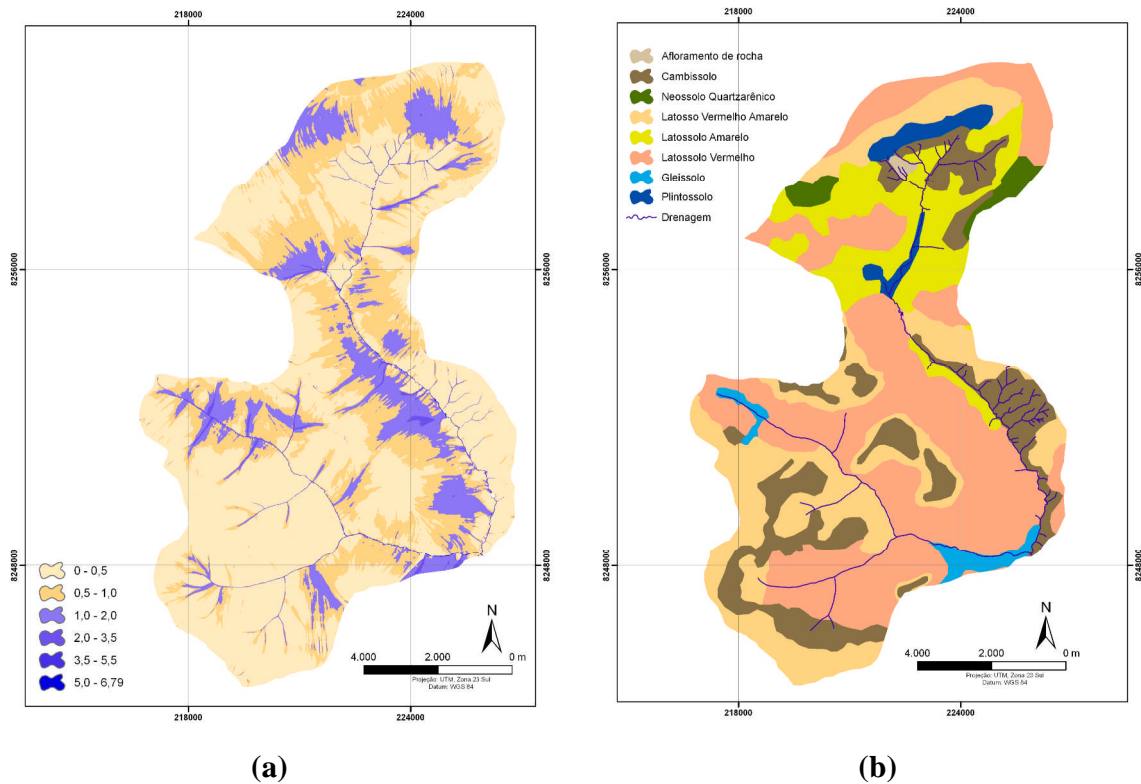


Figura 4 – (a) Saturação do solo para 20 mm/dia e (b) e mapa de solos para o alto jardim.

Os dados de transmissividade para áreas mais extensas são difíceis de serem obtidos devido ao alto custo de levantamento. Por este motivo, foi realizada uma extrapolação dos dados de transmissividade obtidos no alto Jardim para toda a bacia, desta maneira, será possível estimar a saturação em áreas onde não existem poços de coleta de transmissividade. Os valores utilizados para toda a bacia foram obtidos por meio da média dos valores de transmissividade dos poços encontrados em cada classe de solo no alto Jardim e foi feita uma extrapolação por meio do mapa de solos, desta forma, foi elaborado o mapa de saturação na paisagem em toda bacia.

Antes, a Figura 5, mostra a comparação entre os mapas de saturação da paisagem obtidos para o alto Jardim: (a) a partir da interpolação dos dados de transmissividade e (b) a partir da utilização da média dos valores de transmissividade para cada classe de solo.

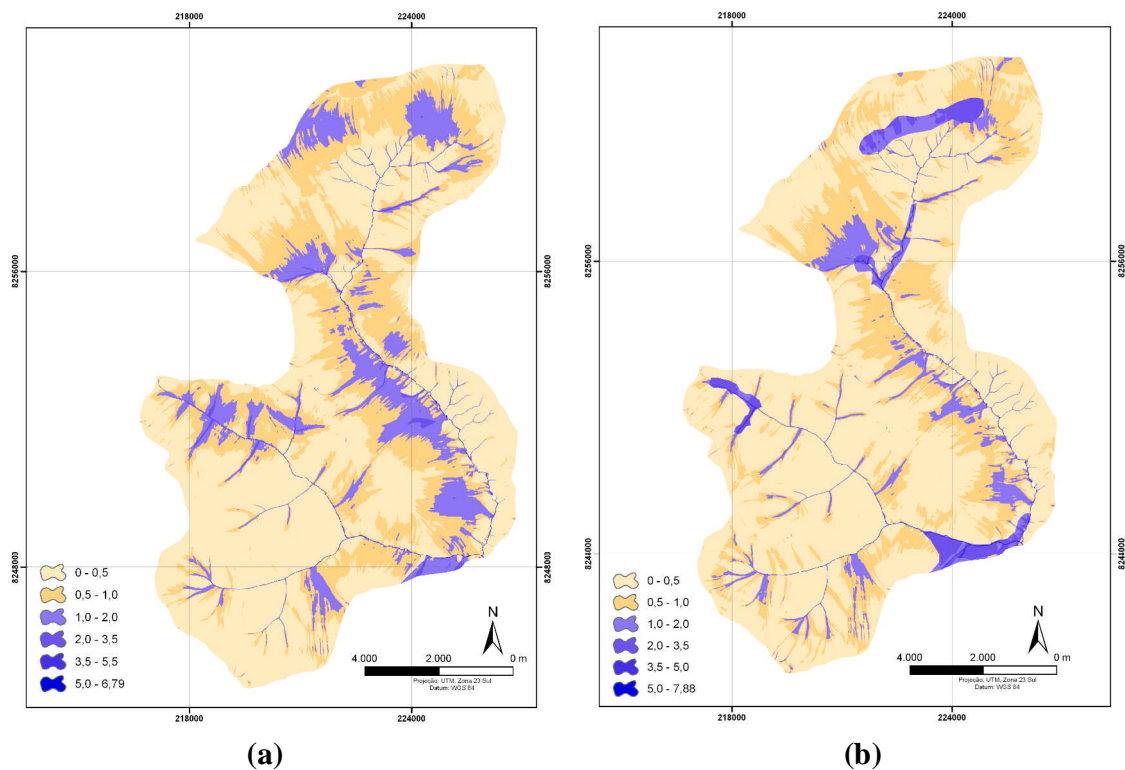


Figura 5 – Mapa de Saturação nas duas metodologias para 20 mm/dia de chuva: **(a)** interpolação da transmissividade; **(b)** transmissividade homogênea por classe de solo.

Os mapas apresentam poucas divergências significativas. Nota-se que o mapa construído a partir dos dados de transmissividade interpolados (Figura 5a) apresenta maior nível de detalhamento, não possuindo variação abrupta quanto à possibilidade de saturação. Apesar da não compatibilidade completa entre os dois resultados, considerou-se oportuna a elaboração de um mapa de áreas propícias à saturação do solo para toda a bacia do rio Jardim, utilizando a média dos valores de transmissividade para cada classe de solo (Figura 6).

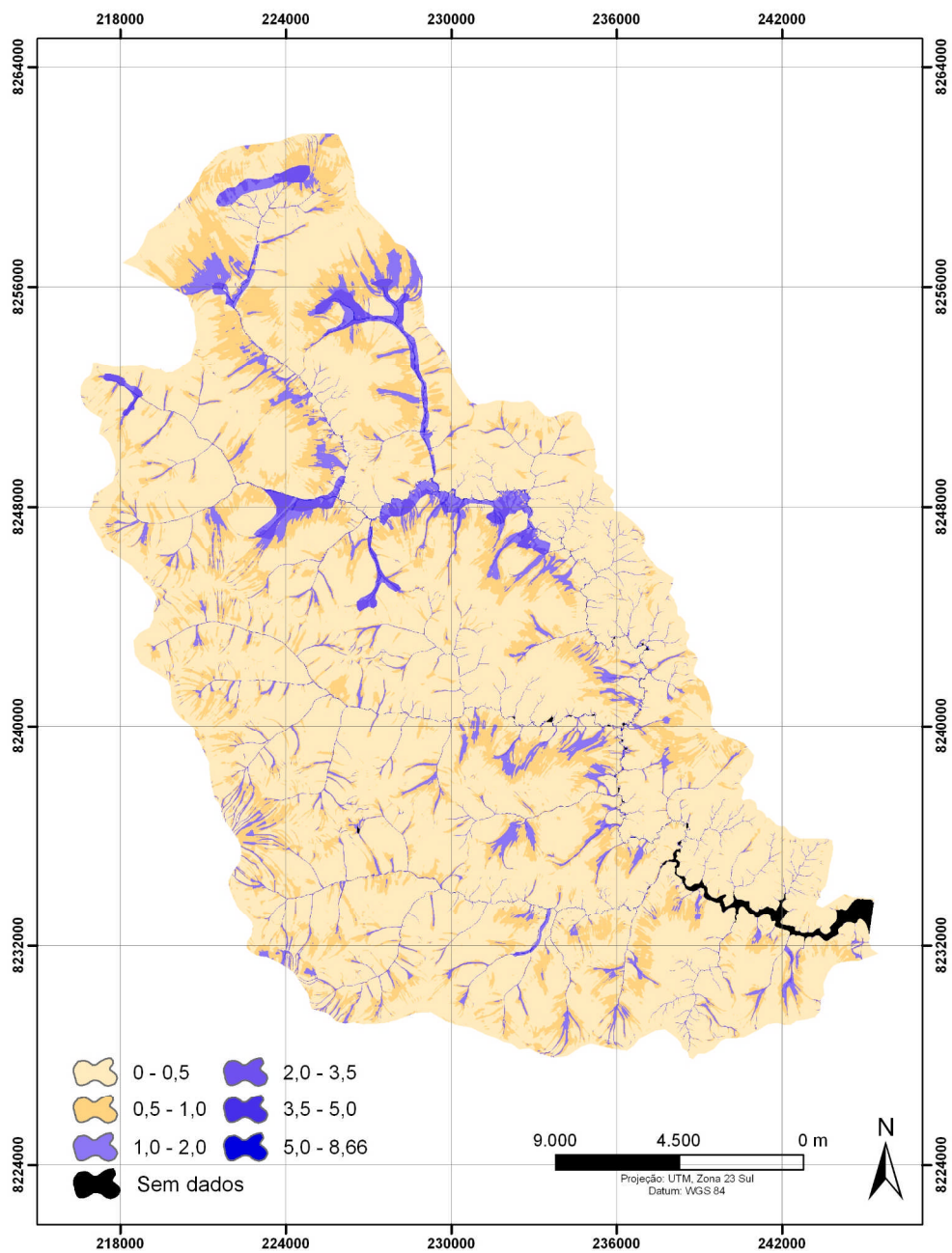


Figura 6 – Saturação do solo extrapolada para a bacia do rio Jardim partir da utilização da média dos valores de transmissividade para cada classe de solo (20 mm/dia de chuva).

5. Considerações finais

A utilização de um modelo de previsão de zonas de saturação na paisagem possibilita a obtenção de informações coerentes e eficazes, utilizando recursos computacionais relativamente simples e de baixo custo.

Os resultados podem ser mais precisos a medida que os parâmetros utilizados possam ser mais condizentes com a realidade. Neste trabalho podemos constatar que o resultado da saturação desenvolvido a partir da transmissividade interpolada apresentou um melhor detalhamento das zonas de saturação na paisagem quando comparado com o resultado obtido por meio da utilização do valor médio para cada classe de solo.

O mapa de saturação na paisagem (para o alto Jardim), quando comparado com o mapa de solos, evidenciou as diferentes capacidades de absorção da água nos solos da região e a grande correlação existente entre suas diferentes classes, principalmente, os gleissolos (maiores índices de saturação) e os cambissolos (menores índices de saturação).

A localização de zonas de saturação na paisagem possibilita identificar o comportamento hidráulico dos solos. Desta forma, se apresenta como uma importante análise para subsidiar outros estudos, como por exemplo, mapeamento de solos, deslizamentos de terras, identificação de doenças correlacionadas a hidrologia, delimitação de áreas adequadas ao plantio, ou mesmo a elaboração de sistemas viários menos vulneráveis.

Referências bibliográficas

ANA – Agência Nacional de Águas. (2005) Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2004-2013): síntese executiva com apreciação das deliberações do CBHSF aprovadas na III Reunião Plenária de 28 a 31 de julho de 2004 / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: ANA.

DOLABELLA, R.H.C. (1996) Caracterização agroambiental e avaliação da demanda e da disponibilidade dos recursos hídricos para a agricultura irrigada na Bacia hidrográfica do Rio Jardim - DF. 1996. 106p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília.

FROTA, Patrícia Vasconcelos. (2006) Propostas para a gestão integrada dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Jardim – DF. 145 p., Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

GOMES-LOEBMANN, D. et al. (2005) Mistura espectral de imagens LANDSAT para análise multitemporal de uso da terra nas diferentes unidades pedológicas da bacia do rio Jardim, DF. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21, INPE, p. 557-564.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. (2003) Novo dicionário geológico – geomorfológico. 3ª. Edição. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 652p.

GUIMARÃES, R. F. (2000). Utilização de um modelo de previsão de áreas susceptíveis à escorregamentos rasos com controle topográfico: Adequação e calibração em duas bacias de drenagem. Tese de Doutorado, Depto de Geografia, UFRJ, 156p.

MOORE, I. D.; O'LOUGHLIN, E. M. and BURCH, G. J. (1988) A Contour-Based Topographic Model for Hydrological and Ecological Applications, *Earth Surface Processes and Landforms*, v.13, p. 305-320.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B. (1991) Terrain-based Catchment Partitioning and Runoff Prediction Using Vector Elevation Data. *Water Resources Research*, v. 27, no. 6, p. 1177-1191.

O'LOUGHLIN, E. .M. (1986) Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. *Water Resources Research*, 22.pág. 794-804.

SANTI, C. B. (2004) Processo de Uso e Ocupação do Solo e modelagem de previsão de zonas saturadas no relevo: Subsídio para o estudo de enchentes (Maciço Madureira, Nova Iguaçu, RJ). Dissertação de mestrado, Depto de Geografia, UFRJ, 96p.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, É. S.; CORREIA J. R. (2002) Aptidão agrícola das terras da Bacia do Rio Jardim, DF. Planaltina: Embrapa Cerrados, 38 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27).

TARBOTON, D. G. (1997) "A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models," *Water Resources Research*, 33(2): 309-319.