

RELATÓRIO FINAL

Projeto	
Título do Projeto	Estimativa da capacidade de armazenamento de água em solos com dados limitados

Projeto Embrapa de Referência	ARRA – Código SEG 10.18.03.039.00.00.
-------------------------------	---------------------------------------

Bolsista	Nome	Flavio Cristiano Saldanha Ferreira de Oliveira	CPF	108.471.584-89
	Instituição	Universidade Federal Rural de Pernambuco	Curso	Engenharia Agrícola e Ambiental

Orientador	Nome	José Coelho de Araújo Filho	CPF	142.852.154-20
	Lotação	Embrapa Solos UEP Recife	Atuação	Pedologia; zoneamentos agroecológicos

Resumo do Projeto (máximo 200 palavras)

A falta de informações sobre água disponível (AD) de diferentes classes de solos motivou o presente estudo. O objetivo foi organizar e especializar informações de AD para os estados de Alagoas e Pernambuco a partir de perfis e unidades de mapeamento de solos (unimap) com dados limitados. Foram utilizadas informações provenientes de levantamentos de solos, RCCs, Dissertações, Teses e de banco de dados oficiais. O estudo foi dividido em quatro etapas: a) digitação de informações morfológicas, analíticas e taxonômicas de perfis de solos; b) cálculo da AD dos perfis de solos por meios convencionais e com uso de funções de pedotransferência (FPT); c) cálculo da AD por unimap em função da média ponderada de valores da AD conforme as classes de solos e suas proporção na unimap; e d) elaboração de mapas de AD de solos. As FPT foram executadas em planilhas eletrônicas e a espacialização da AD com uso de SIG (Arc-GIS e/ou QGIS). Os produtos cartográficos gerados foram mapas inéditos de AD dos estados de Alagoas e Pernambuco na escala de 1:100.000. Os dados reais especializados por meio de unimap sugerem ser a melhor alternativa para representar a AD com dados limitados em grandes extensões territoriais.

Introdução (com referencial teórico, bibliografia)

O presente trabalho faz parte das ações e atividades inseridas no Projeto ARRA – Código SEG 10.18.03.039.00.00. O referido projeto trata de ações de pesquisa para inovação, melhoria e avanços para orientar políticas públicas do ZARC, coordenado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em execução pela Embrapa.

Diversos trabalhos científicos (Andrade Junior et al., 2009; Ewert et al., 2015; Challinor et al., 2018; Michler et al., 2019) mostram a viabilidade e o importante impacto que a abordagem da deficiência hídrica provoca na definição do calendário agrícola, sobretudo quando o mesmo passou a ser analisado frequencialmente, introduzido a noção do risco climático. De fato, a simplificação do balanço hídrico do solo, utilizado no ZARC, tem gerado a necessidade de aperfeiçoamento para torná-lo um instrumento melhor de seguridade

e política agrícola do País. Para tanto, necessita-se de estudos que façam uso de funções de pedotransferência (FPT) para elaborar mapas de água disponível (AD) de diferentes classes de solos, sobretudo devido à falta de dados sobre a capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e densidade do solo (Ds). Essas lacunas ocorrem em grande parte dos perfis amostrados no contexto dos levantamentos pedológicos que cobrem a maior parte do território nacional. Daí a necessidade de FPT para estimadas de AD em solos brasileiros.

Espera-se que essas informações sejam introduzidas, a médio e longo prazo, nos balanços hídricos do ZARC de modo a promover uma melhoria nas políticas públicas, notadamente, à seguridade agrícola.

Objetivos

Elaborar mapas de AD para os estados de Alagoas e Pernambuco na escala de 1:100.000, utilizando estudos pedológicos com limitações de informações para o cálculo de AD.

Material e Métodos

Os trabalhos foram divididos em quatro etapas. A primeira foi dedicada aos trabalhos de levantamento, organização, digitalização (em planilha eletrônica) e atualização de informações de perfis de solos (Santos et al., 2018) dos estados de Alagoas (Santos et al., 2013; Embrapa, 1975) e Pernambuco (Araújo Filho et al., 2000; Brasil, 1972). Também foram utilizados dados de RCCs (REUNIÃO ..., 1998), Dissertações (MELO, 2013) e artigos científicos (OLIVEIRA; QUEIROZ, 1975; OLIVEIRA; MELO, 1978). Na segunda etapa foram calculadas valores de AD dos perfis de solos com dados completos em termos de Ds, CC e PMP e também de perfis com lacunas de informações de Ds, CC e PMP. Neste último caso foram utilizadas FPTs para estimar os dados faltantes (Ds, CC e PMP) necessários no cálculo da AD (mm/cm) de cada perfil de solo. Na terceira etapa foram estimados valores de AD (calculados pelas FPT e com dados da literatura) em conformidade com as unidades de mapeamento de solos (unimap) na escala 1:100.00 dos estados de Alagoas e Pernambuco. A estimativa da AD para cada unimap foi resolvida em função da média ponderada da AD de cada componente (um solo ou grupo de solos) conforme sua proporção na unimap. É, em síntese, uma pedotransferência realizada para toda área da unimap em função das informações dos seus componentes. A quarta etapa foi dedicada à elaboração de mapas de AD dos solos nos referidos estados na escala 1:100.000. Os mapas foram gerados tanto por técnicas geoestatísticas, em função da distribuição dos pontos dos perfis de solo (Druck et al., 2001; Burrough, 1986; Assad e Sano 1998) como por meio das unimap de cada estado. Nesta última etapa também foram realizadas as comparações e avaliações dos mapas da AD obtidos por diferentes métodos.

Etapas 1: Levantamento, organização, digitalização e atualização de informações de solos

Os trabalhos foram realizados como a seguir:

a) Seleção dos perfis de solos dos estados de Alagoas e Pernambuco provenientes dos levantamentos de solos disponíveis (Santos et al., 2013; Embrapa, 1975; Araújo Filho et al., 2000; Brasil, 1972). Algumas informações foram complementadas com dados de outras fontes oficiais, destacadamente do BD Solos (CNPTIA), febr (UFMS) e HYBRAS (CPRM).

b) Nos perfis de solos sem coordenadas geográficas, estas foram estimadas com base nas informações descritivas vigentes nos perfis para se chegar no local de amostragem.

Etapa 2: Cálculo da AD nas diferentes classes de solos

Nos perfis com dados completos em termos de Ds, CC e PMP, o cálculo da AD foi realizado por meio da fórmula clássica: $AD \text{ (mm/cm)} = [(CC - PMP) Ds]/10$ (KIEHL, 1979), com CC e PMP em percentagem (peso) e Ds em g/cm^3 . Nos perfis com dados faltantes, foram utilizadas três FPTs para calcular a AD nas diferentes classes de solos: a de Tomasella et al. (2000), a de Oliveira et al. (2002) e a de Barros (2010).

A FPT de Tomasella et al. (2000) e a de Barros (2010) estimam os parâmetros da equação da curva de retenção de água no solo de van Genuchten (1980); e, a partir da curva, são extraídas as informações da CC e do PMP. A FTP de Oliveira et al. (2002) estima diretamente valores de CC e PMP. Os resultados da AD obtidos por meio das FPT foram avaliados tendo como base a experiência de especialistas e dados reais para verificar qual delas gera resultados que melhor se ajustam à realidade regional.

Quando os dados da Ds não estavam disponíveis nos perfis de solo, estes foram estimados utilizando a FPT de Benites et al. (2006).

Etapa 3: Cálculos da AD por unimap

A AD (mm/cm) de cada unimap foi estimada por meio da média ponderada dos valores da AD de cada componente conforme sua respectiva proporção. No caso de um componente ser um grupo indiferenciado de solos, o valor de AD do componente foi considerado como a média aritmética da AD do grupo. A ponderação da AD foi feita pela proporção dos componentes da unimap, pela seguinte expressão:

$$AD_{\text{final}}(\text{Unimap}) = [(AD_1 * PO_1)] + (AD_2 * PO_2) + \dots + (AD_n * PO_n) / (PO_1 + PO_2 + \dots + PO_n) \quad (\text{Eq. 1})$$

onde,

AD = água disponível de cada componente (mm/cm) da unimap; e

PO = percentagem de ocorrência do solo componente na unimap (%).

Etapa 4: elaboração de mapas da AD

Foram gerados mapas de AD com dados estimados a partir de 3 FPT e com dados reais calculados a partir de informações de perfis de solos com informações completas em termos de CC, PMP e Ds. A especialização da AD foi realizada por unimap (Eq. 1). Os mapas foram elaborados utilizando as ferramentas do ArcGis e do QGis.

A divulgação dos resultados foi programada para ser realizada, durante a vigência do projeto, na forma de resumos/publicações em Congressos, Simpósios, Seminários, entre outros.

Resultados Finais (preferencialmente tabelas e/ou gráficos)

Foram feitas estimativas e cálculos de AD para os estados de Alagoas e Pernambuco na escala 1:100.000. Como resultado dos estudos são apresentados 8 mapas com a espacialização da AD em função da unimap. Nas figuras 1 e 5, constam mapas de AD calculada com dados reais por classe de solo. Nas figuras 2 e 6, constam mapas de AD estimada por meio da FPT de Tomasella et al. (2000), nas figuras 3 e 7, com AD estimada por meio da FPT de Oliveira et al. (2002) e nas figuras 4 e 8, com AD estimada por meio da FPT de Barros et al. (2010).

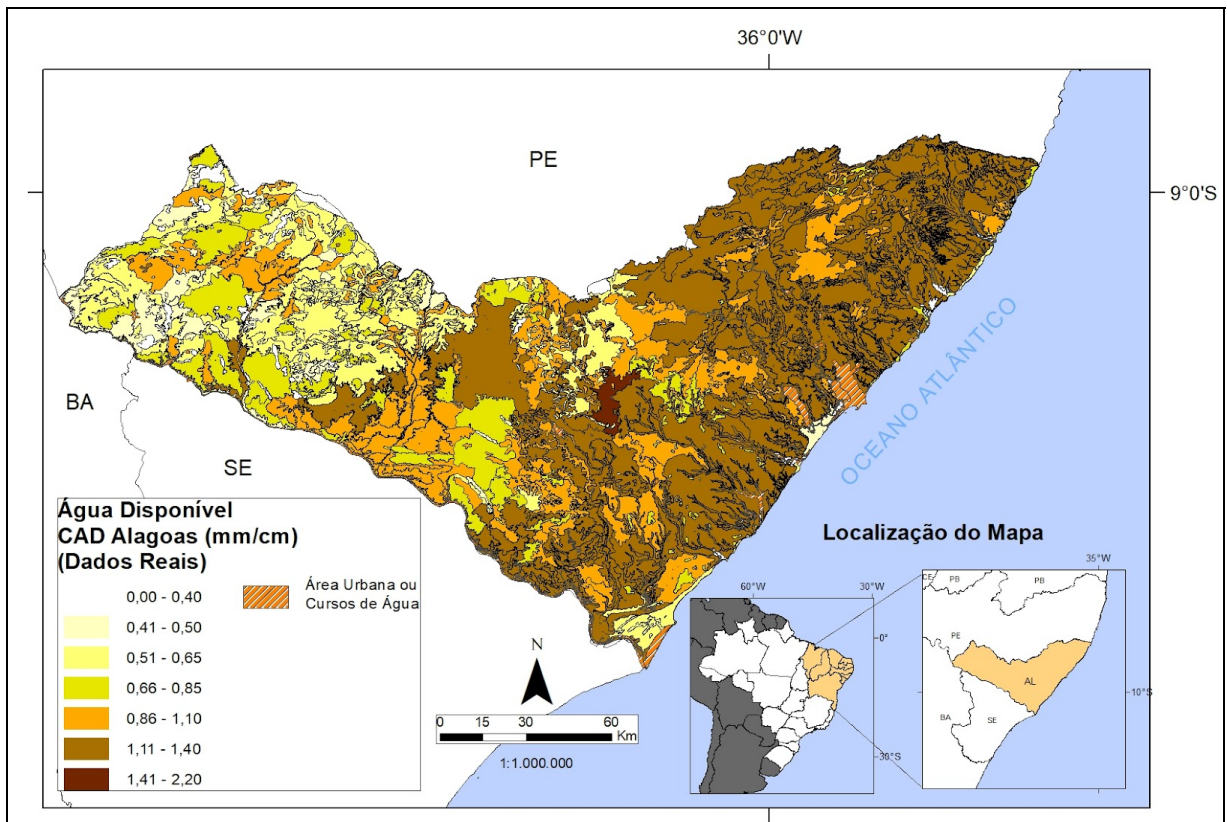


Figura 1 – Água disponível do solos do estado de Alagoas calculada com dados reais.

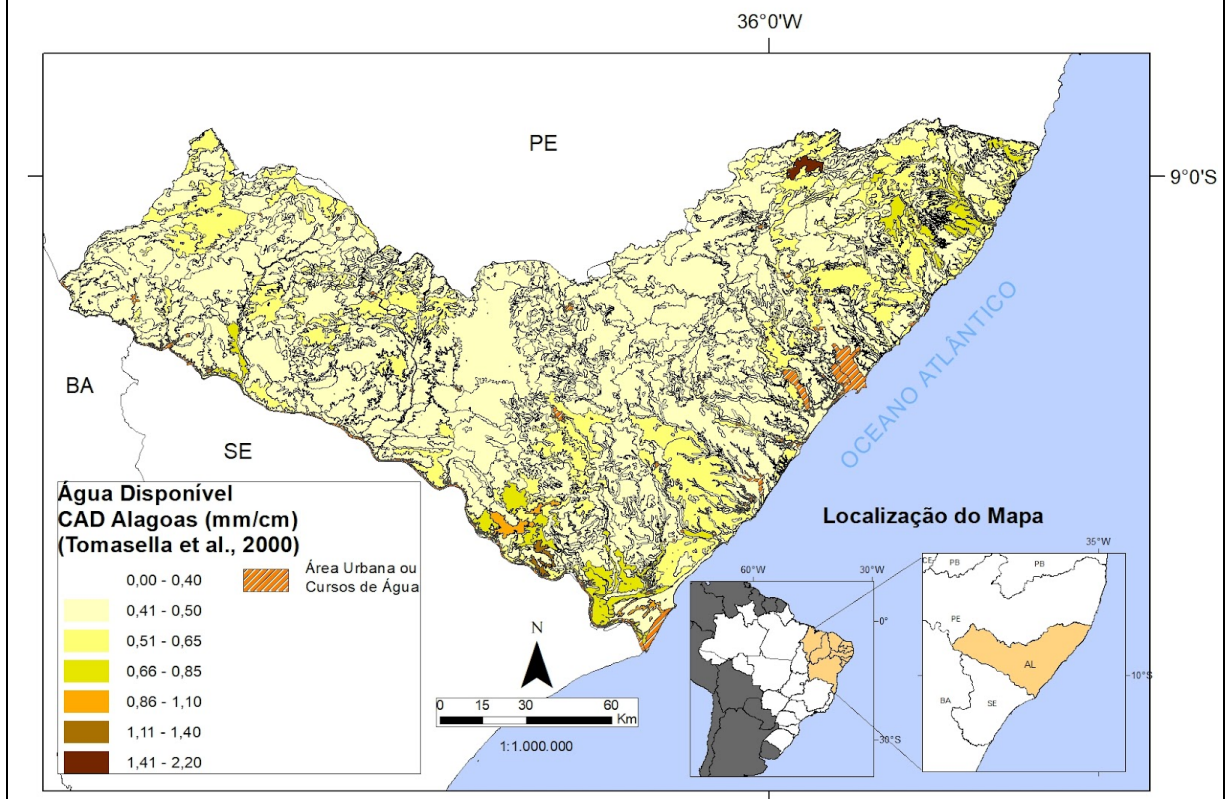


Figura 2 – Água disponível do solos do estado de Alagoas estimada com a FPT de Tomassella et al. (2000).

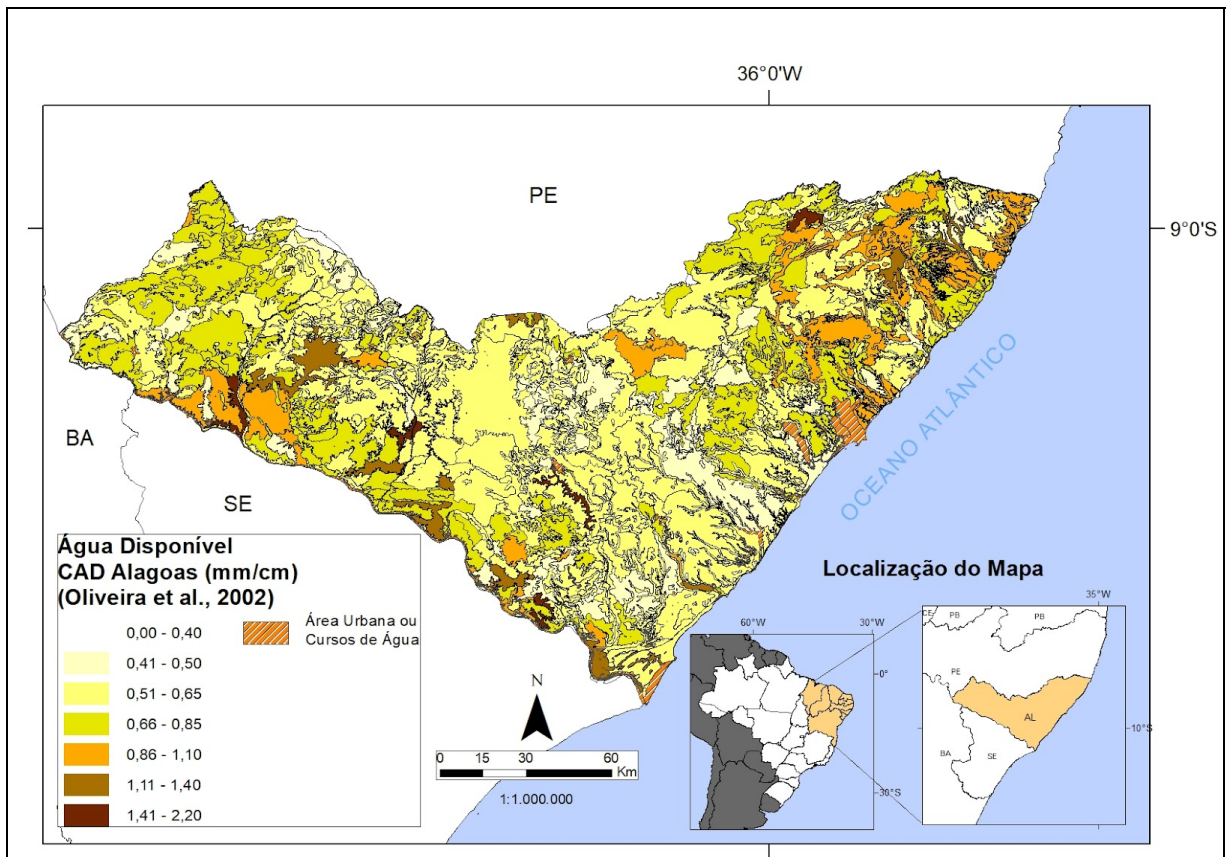


Figura 3 – Água disponível do solos do estado de Alagoas estimada com a FPT de Oliveira et al. (2002).

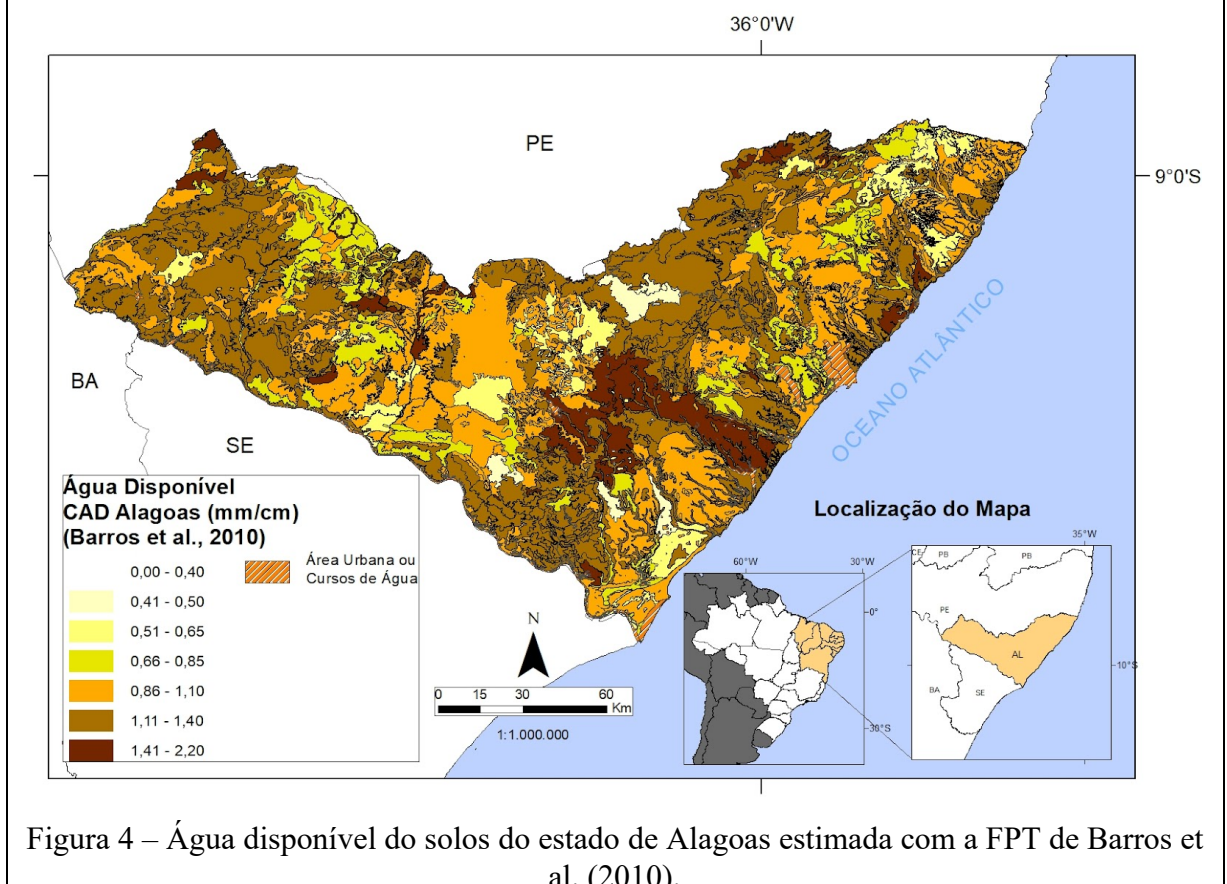


Figura 4 – Água disponível do solos do estado de Alagoas estimada com a FPT de Barros et al. (2010).

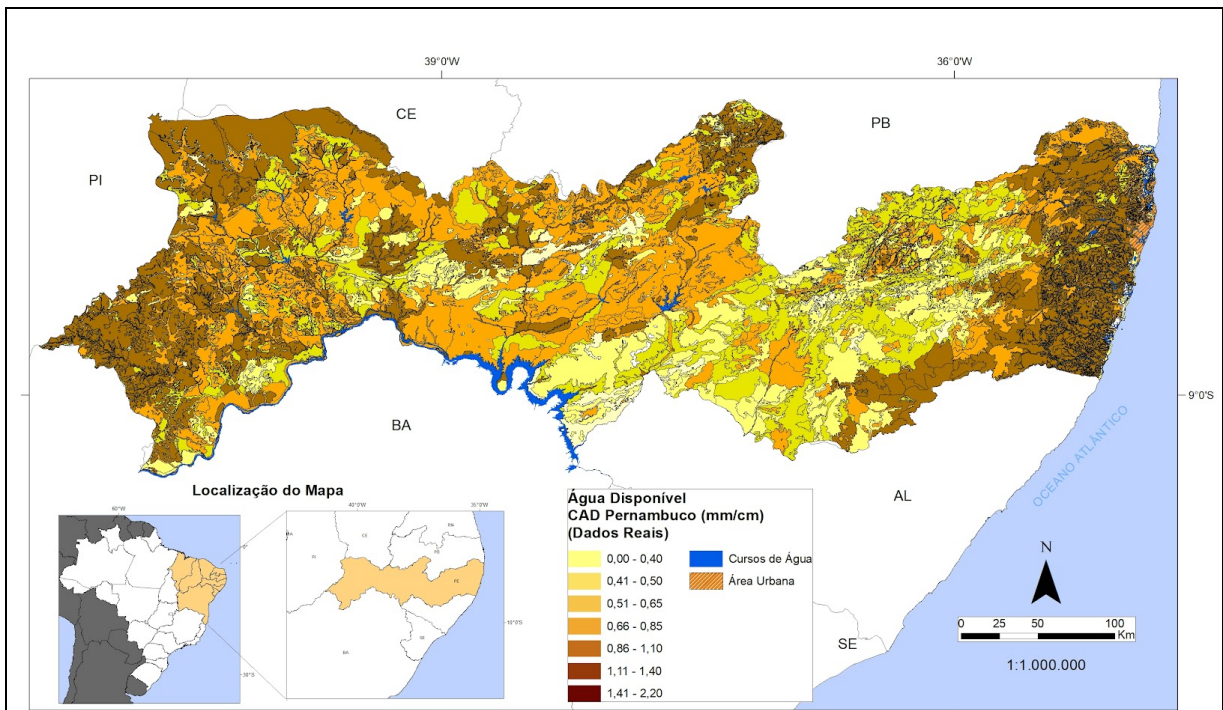


Figura 5 – Água disponível do solos do estado de Pernambuco calculada com dados reais.

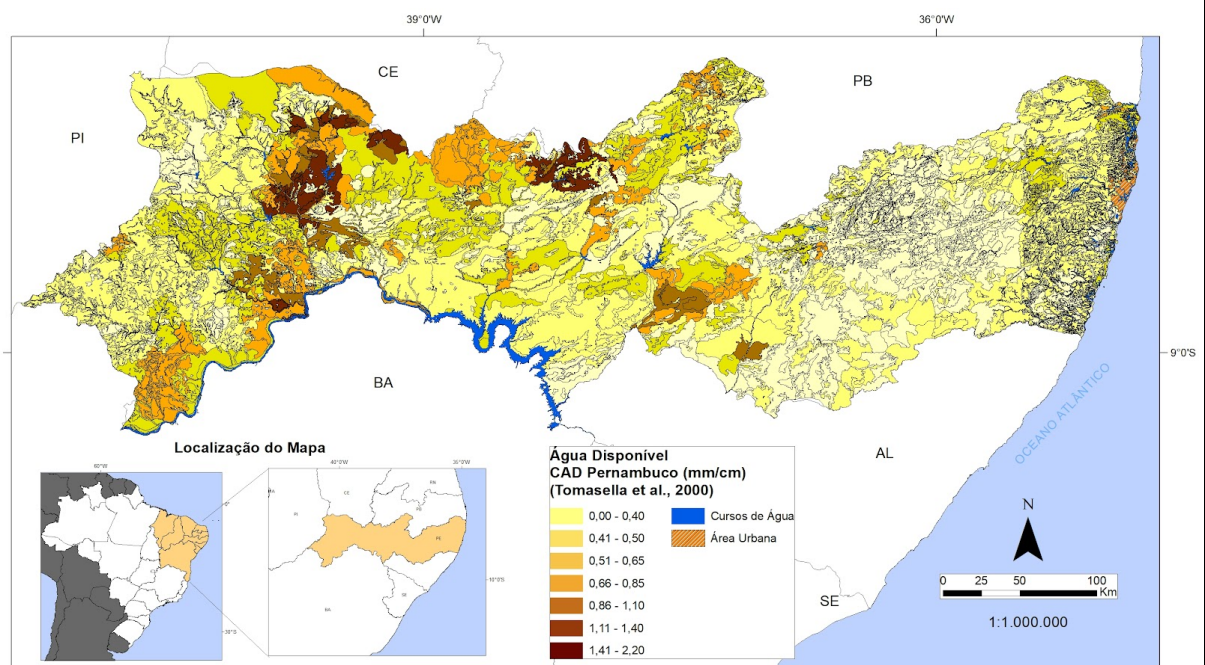


Figura 6 – Água disponível do solos do estado de Pernambuco estimada com a FPT de Tomasella et al. (2000).

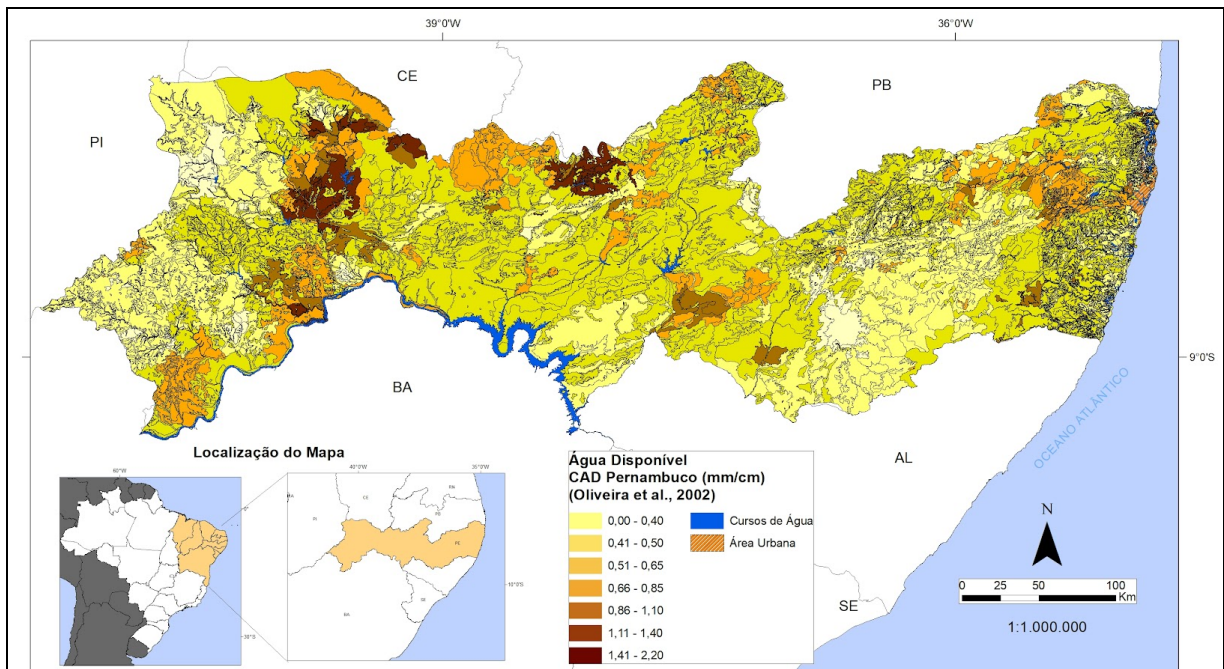


Figura 7 – Água disponível do solos do estado de Pernambuco estimada com a FPT de Oliveira et al.(2002).

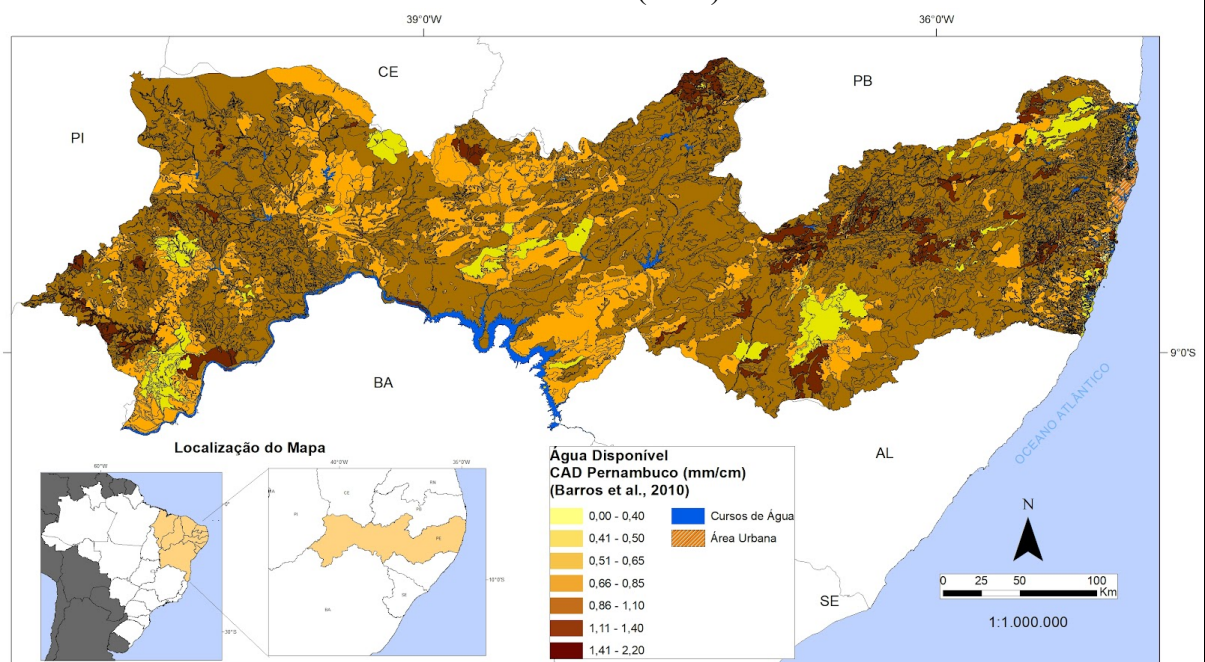


Figura 8 – Água disponível do solos do estado de Pernambuco estimada com a FPT de Barros et al.(2010).

Tomando como referência os resultados da AD obtidos com dados reais por classe de solo (Figuras 1 e 5), nota-se que ambas FPTs subestimam valores da AD em solos dos estados de Alagoas e Pernambuco.

Com relação ao estado de Alagoas, a FPT de Tomassela et al. (2000) (Figura 2), mostrou resultados subestimados em praticamente todos os solos do estado, ao passo que a FPT de Oliveira et al. (2002) (Figura 3), apresentou subestimativas na região da zona da

Mata (parte leste e mais úmida) do estado e também no centro-oeste do estado, na região do Agreste Alagoano, porém no Sertão Alagoano ocorrem alguns casos de superestimativas, de modo que quando chegamos na FPT de Barros et al. (2010) (Figura 4) podemos observar que ocorrem subestimativas também no Leste Alagoano, feito ocorreram nas outras FPT's, porém a partir do Agreste Alagoano já podemos observar casos de superestimativas nos valores de água disponível, essas superestimativas se estendem até o oeste do estado.

No que concerne ao estado de Pernambuco, a FPT de Tomassela et al. (2000) (Figura 6) também demonstra resultados subestimados em praticamente todos os solos do estado, porém podemos observar que na mesorregião do Agreste Pernambucano há uma superestimativa, mais especificamente na no centro-oeste do estado. Já em relação à FPT de Oliveira et al. (2002) (Figura 7), a mesma apresenta resultados subestimados tanto na Região do São Francisco, quanto na Região do Sertão (na parte oeste do estado) e também há subestimativa nos dados da Zona da Mata Pernambucana, assim como ocorreu com a FPT de Tomassela et al. (2000), de modo que quando chegamos na FPT de Barros et al. (2010) (Figura 8), podemos observar que há superestimativas dos valores em grande parte do estado, principalmente nas mesorregiões do Agreste, Sertão e do São Francisco Pernambucano (uma faixa que estende-se do fim da Zona da Mata de Pernambuco até o oeste do estado).

Conclusão

Isso mostra que é preciso estudar com muito cuidado cada FPT em avaliação para que se possa selecionar adequadamente uma FPT que melhor se ajuste a uma dada região. Conforme os resultados obtidos, uma mesma função funciona com boas estimativas da AD para um ambiente e pode não funcionar para outro local com características distintas, como os ambientes das zonas da Mata, Agreste e Sertão, na região Nordeste do Brasil.

Portanto, nota-se que tais FPT são pouco confiáveis para retratar dados cobrindo grandes e distintos ambientes, de zonas úmidas até o semiárido, no contexto de solos tropicais brasileiros. Mesmo, com limitações de informações, os dados reais especializados por meio de unimap sugerem ser a melhor alternativa para representar a AD em grandes extensões territoriais.

Referências Bibliográficas (modelo revista PAB)

ANDRADE JUNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; SILVA, C. O. da. **Zoneamento de risco climático para as culturas de milho e feijão-caupi consorciadas no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2009. 33 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X; 199).

ARAUJO FILHO, J. C. de; CAVALCANTI, A. C. **Retenção de Água no Solo** (Disponibilidade Hídrica). Recife, PE. Mar, 2018. (Trabalho não publicado)

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 2.ed. rev. amp., 434p., 1998.

BARROS, A. H. C. **Desenvolvimento de funções de pedotransferência e sua utilização em modelo agro-hidrológico**. 2010. 149 f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: 1972. 2.v. (DNPEA. Boletim Técnico, 26; Sudene. DRN. Série Pedologia, 14).

BENITES, V. de M.; MACHADO, P. O. de A.; E. C. C. F.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E.; LIMA, C. X. **Funções de pedotransferência para estimativa da densidade dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 31 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 104).

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, 1986.

CHALLINOR, A. J.; MÜLLER, C.; ASSENG, S.; DEVA, C.; NICKLIN, K. J.; WALLACH, D.; VANUYTRECHT, E.; WHITFIELD, S.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; KOEHLER, A.-K. Improving the use of crop models for risk assessment and climate change adaptation. **Agricultural Systems**, v. 159, p. 296–306, 2018.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. (Eds.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 209p., 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife, 1975. (Embrapa-CPP. Boletim Técnico, 35; Sudene. Série Recursos de Solos, 5).

EWERT, F.; ROTTER, R. P.; BINDI, M.; WEBBER, H.; TRNKA, M.; KERSEBAUM, K. C.; OLESEN, J. E.; VAN ITTERSUM, M. K.; JANSSEN, S.; RIVINGTON, M.; SEMENOV, M. A.; WALLACH, D.; PORTER, J. R.; STEWART, D.; VERHAGEN, J.; GAISER, T.; PALOSUO, T.; TAO, F.; NENDEL, C.; ROGGERO, P. P.; BARTOSOVA, L.; ASSENG, S. Crop modelling for integrated assessment of risk to food production from climate change. **Environmental Modelling & Software**, v. 72, p. 287-303, 2015.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

MELO, D.V.M. Qualidade de solos coesos dos Tabuleiros Costeiros de pernambuco em função do uso de poliacrilamida. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado). Recife, PE: UFRPE - Programa de Pós-Graduação Agronomia - em Ciências do Solo.

MICHLER, J. D.; BAYLIS, K.; ARENDS-KUENNING, M.; MAZVIMAVI, K. Conservation agriculture and climate resilience, **Journal of Environmental Economics and Management**. v. 93, p. 148–169, 2019.

OLIVEIRA, L. B. de; RIBEIRO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; RODRIGUES, J. J. V.; MARQUES, F. A. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solos do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 315-323, 2002.

OLIVEIRA, L.B.; QUEIROZ, E.N. Curvas características de retenção de umidade de solos do Nordeste do Brasil. **Pesq. Agropec. bras.**, Sér. Agron., p.1069-75, 1975.

OLIVEIRA, L.B.; MELO, V. Caracterização físico-hídrica do solo. II. Unidade Utinga. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.13, n.3, p.67-81, 1978.

REUNIAO DE CLASSIFICACAO, CORRELACAO E APLICACAO DE LEVANTAMENTOS DE SOLOS, 5., 1998, Recife. **Guia de excursão de estudos de solos nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia.** Realização: EMBRAPA Solos. Recife: EMBRAPA-CNPS, 1998. 122 p.

SANTOS, J.C.P.; ARAÚJO FILHO, J.C.; BARROS, A.H.C.; ACCIOLY, L.J.O.; TAVARES, S.C.C.H.; SILVA, A.B. **Zoneamento agroecológico do Estado de Alagoas.** Recife: Embrapa Solos UEP Recife/ Secretaria de Estado de Agricultura e do Desenvolvimento Agrário de Alagoas, 2013. 9.v. il. Anexo mapas. CD-ROM.

SANTOS, H. G. dos; JACIMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA, J. B. de. CUNHA, T. J. F.; **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G.; ROSSATO, L. Pedotransfer functions for soil water retention in Brazilian soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 327-338, 2000.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.

Cronograma proposto (deverá ser ajustado em função das restrições da Covid-19)

No.	Atividade	Mês											
		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
	Seleção dos perfis de solos (AL e PE)	X	X	X	X								
	Digitação de coordenadas geográficas dos perfis de solos no ArcGis/QGis	X	X	X	X								
	Cálculos da AD pelas FPTs		X	X	X	X	X						
	Cálculo da AD por unimap (AL e PE)			X	X	X	X	X					
	Elaboração de mapas de AD (AL e PE)						X	X	X				
	Elaboração de relatórios, organização de resultados das atividades, preparar resumos e publicações para eventos									X	X	X	X
	Divulgação dos resultados									X	X	X	X

Parecer do Orientador (descrever andamento das atividades e grau de satisfação com o estudante) OBRIGATÓRIO

O bolsista desenvolveu suas atividades com ótimo desempenho, praticamente, em conformidade com o cronograma de planejamento dos trabalhos. Entretanto, com as restrições recentes impostas pela Covid-19 foram feitos pequenos reajustes no cronograma previsto acrescentando-se mais um mês de trabalho.