

Aplicação de sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras em solos do Estado do Acre, Amazônia

Elaine Almeida Delarmelinda¹, Paulo Guilherme Salvador Wadt², Lúcia Helena Cunha dos Anjos³, Carmem Sueze Miranda Masutti⁴, Ênio Fraga da Silva⁵, Marlen Barros e Silva⁶, Ricardo Marques Coelho⁷, Lucielio Manoel da Silva⁸, Sérgio Hideiti Shimizu⁹, Wanderson Henrique do Couto¹⁰

1. Doutora em Agronomia (UFRPE), Brasil. E-mail: Elaine Almeida Delarmelinda

2. Pós-doutor em Geomática (Universidade da Flórida), Pesquisador da Embrapa e docente permanente nos Programas de Pós-graduação em Agronomia (UFAC), Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (UFAC) e Biotecnologia e Biodiversidade (UFAM/Rede Bionorte), Brasil. E-mail: paulogswadt@dris.com.br

3. Pós-doutora em Agronomia (Purdue University), Professora Associada na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, Brasil. E-mail: lanjose@ufrj.br

4. Doutora em Ciências do Solo (University of Saskatchewan), Professora Adjunta, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Brasil. E-mail: carmem.masutti@univasf.edu.br

5. Doutor em Agronomia (Universidade de São Paulo), Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil. E-mail: enio.fraga@embapa.br

6. Doutora em Agronomia (UFRJ), Professora Titular da Universidade Estadual do Maranhão, Brasil. E-mail: marlenbs@bol.com.br

7. Doutor em Ciências do Solo (North Carolina State University), Pesquisador Científico VI do Instituto Agronômico de Campinas, Brasil. E-mail: rmcoelho@iac.sp.gov.br

8. Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas (Escola de Superior de Agricultura Luiz de Quiróz), Analista de Pesquisa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil. E-mail: lucielio.silva@embrapa.br

9. Engenheiro Agrônomo, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil. E-mail: sergio.shimizu@ibge.gov.br

10. Mestre em Agronomia (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), Engenheiro Agrônomo do Ministério do Desenvolvimento Agrário, Brasil. E-mail: whcouth@gmail.com

RESUMO: Os métodos de avaliação da aptidão agrícola tem como objetivo orientar o uso adequado das terras, porém seus resultados apresentam elevado grau de subjetividade devido a serem dependentes da experiência do usuário. Neste trabalho objetivou-se avaliar o uso de um algoritmo para interpretação de propriedades do solo e características da paisagem e compará-lo com a interpretação obtida por um grupo controle, constituído por seis especialistas. Foram utilizadas amostras de solo coletadas por tradagem ao lado dos perfis pedológicos da IX Reunião Brasileira de Correlação e Classificação de Solos, de modo a obter os dados de entrada do algoritmo, enquanto os avaliadores utilizaram os dados físicos, químicos e morfológicos dos perfis pedológicos. A avaliação do grupo controle não identificou as potencialidades para o uso dos solos na Amazônia de forma consistente, enquanto, o algoritmo mostrou-se promissor na avaliação da aptidão para Latossolo, Argissolos, Vertissolos e Luvisolo, no entanto, ainda requer revisões em algumas regras de interpretação para uma avaliação mais coerente da aptidão, principalmente, para o Espodossolo.

Palavras-chave: serviços ambientais, uso da terra, planejamento agrícola.

Land suitability system application in soil from Acre State, Amazon

ABSTRACT: The methods of land evaluation are intended to guide the appropriate land use, as the development of specialized algorithms propose to be less subjective assessments based on quantitative data. The aim was to evaluate the use of an expert system based on interpretation of soil properties and landscape features with that obtained by a control group, consisting of six experts. Samples of soil was collected by borehole profiles uses in IX Brazilian Meeting of Soil Classification and Correlation in order to get the data entered the program, and appraisers used the physical, chemical and morphological data of soil profiles. The expert system has shown promise in assessing the suitability for Latossolos, Argissolos, Vertissolos and Luvisolos, however still requires revisions to certain rules of interpretation for a more consistent fitness especially for Espodossolos. However, the assessment of experts did not identify the potential for land use in Amazon.

Keywords: environmental services, land use, farm planning.

1. Introdução

Políticas agrícolas europeias e norte americanas na gestão do uso da terra focam na qualidade da água (superficial e subterrânea), preservação dos habitats de animais silvestres e na segurança alimentar, essa última especificamente nos processos relacionados à manutenção da qualidade do solo, ou seja, na conservação da produtividade da terra e na mitigação dos processos erosivos. Em segundo plano, focam na qualidade do ar, sequestro de carbono e conservação de energia (CLAASSEN et al., 2008; DOBBS; PRETTY, 2008). Aliar os objetivos da segurança alimentar com as demandas ambientais também consiste de modelo proposto para o uso da terra no sistema Pagamento de Serviços Ambientais para Propriedades Rurais (WADT,

2013).

Contudo, o SAAAT vem sendo aplicado de forma indiscriminada em vários níveis de levantamentos de solos e condições diferenciadas de terras e níveis de agricultores, levando a resultados que divergem fortemente da realidade da produção e do tipo de uso agrícola observado nas terras. Delarmelinda et al. (2011) verificaram que por não haver parametrização e critérios objetivos para a aplicação do SAAAT, os resultados da interpretação do potencial de uso da terra foi afetado pela experiência do avaliador. A aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) em estudos de planejamento e adequação do uso das terras (GIBOSHI et al., 2006; RESHMIDEVI et al., 2009) associados a algoritmos computacionais adaptados

para a avaliação da aptidão agrícola em regiões específicas (LIMIN; YAOLIN, 2007; YUNYAN et al., 2010) objetiva contornar parte dessas limitações.

Contudo, os dados usados para gerar os mapas ou as análises geoestatísticas representam macrorregiões, exigindo extrapolações e comprometendo o conhecimento adequado da aptidão agrícola na escala de propriedade rural. Como alternativa, tem sido proposto à parametrização dos indicadores usados na distinção dos ambientes (KALOGIROU, 2002; QUAN et al., 2007; DENGIZ et al., 2010) para reduzir a subjetividade das avaliações.

Uma alternativa tem sido a parametrização do SAAAT e o ajuste dos indicadores para condições específicas (PEREIRA; LOMBARDI NETO, 2004) paralelamente a informatização das regras de decisão para a interpretação dos fatores de limitação e classificação das terras. Wadt (2013) propôs a reformulação conceitual e a completa parametrização do SAAAT, no que denominou-se de “*Recommendation for Sustainable Land Use*”, visando contornar a maior parte das limitações do atual sistema. O sistema proposto dispensa ainda o uso de dados completos de levantamentos pedológicos (WADT, 2013).

Neste contexto, objetivou-se avaliar um algoritmo de interpretação do uso da terra comparando sua interpretação com o sistema atual de avaliação da aptidão agrícola realizado com base na interpretação fornecida por especialistas.

2. Material e Métodos

Os dados para a avaliação do algoritmo Recomendação para o Uso Sustentável da Terra (RUSTER) - Recommendation for Sustainable Land Use - (WADT, 2013) foram provenientes de amostras de solo coletadas com trado na proximidade (até 2 m de distância) dos perfis de solos estudados na IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos do Acre (IX RCC) (ANJOS et al., 2013). Os solos avaliados consistiram de um Espodossolo Humilúvico (AC-P01), um Latossolo Amarelo (AC-P02), três Argissolos Vermelhos (AC-P-04, AC-P05 e AC-P06), dois Vertissolos Háplicos (AC-P07 e AC-P11), dois Argissolos Vermelho-Amarelos (AC-P09 e AC-P10) e um Luvisolo Crômico (AC-P08).

Em cada perfil, foi feita a amostragem com trado do tipo holandês nas profundidades de 0 a 25 cm, 25 a 60 cm e 60 a 100 cm. As amostras de solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Foram realizadas as análises de fertilidades do solo para cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, potássio e sódio disponíveis, acidez potencial e carbono orgânico, análises físicas de granulometria para a determinação dos teores de areia, silte, argila pelo método da pipeta, densidade de partículas pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 2011) e análise do teor de fósforo remanescente.

As características físicas e químicas dos solos, das amostras coletadas nas três profundidades foram às

informações de entrada para o algoritmo RUSTER, além de dados de declividade da área, profundidade do solo e de restrição à drenagem, índice pluviométrico, presença ou não de rochosidade e pedregosidade. O sistema também estimou o volume de ar do solo, o volume de água disponível na capacidade de campo, a mudança textural e o coeficiente de erodibilidade com base em equações de pedrotransferência, conforme descrito em Wadt (2013).

O algoritmo incluiu novos conceitos para a avaliação das terras, como seis tipos de exploração da terra (culturas anuais, culturas perenes, sistemas agroflorestais, pastagens ou silvo pastoris, silvicultura e extrativismo), redefinição dos níveis tecnológicos para readequar principalmente para os preceitos da agroecologia, bem como a inclusão dos conceitos de viabilidade biológica e viabilidade econômica para a determinação das classes de aptidão boa, regular, restrita ou inapta (DELARMELINDA et al., 2011; WADT, 2013). Para os fatores de limitação de uso da terra (deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização) foram fixados cinco graus de limitação (nulo, ligeiro, moderado, forte ou muito forte) (WADT, 2013).

As classes de aptidão agrícola foram comparadas à avaliação realizada pelo grupo controle composto de seis profissionais da área de ciência do solo, com experiência em pedologia, os quais utilizaram a metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995). Nessa comparação, foi adotada a interpretação de maior frequência de ocorrência entre os seis especialistas, descartando-se as demais. Quando nenhuma classificação foi coincidente, identificou as classes de interpretação de maior frequência dentro de cada nível tecnológico.

3. Resultados e Discussão

A classificação da aptidão agrícola pelo grupo controle foi divergente entre os avaliadores, sendo que o número de classes de aptidão coincidentes foi nulo para o perfil de Latossolo e de até três classificações coincidentes para os perfis de Argissolos e para um perfil de Vertissolo (Tabela 1). A baixa concordância entre os avaliadores já era esperada, uma vez que o SAAAT é um método aberto (RAMALHO FILHO; BEECK, 1995) sujeito a diferentes interpretações.

Tabela 1. Grupos e subgrupos de aptidão determinados pelo grupo controle para os solos avaliados

Perfil	Avaliadores						Número de casos coincidentes
	1	2	3	4	5	6	
AC-P01	4p	5S	4(p)	4(p)	6	4P	2
AC-P02	2(a)bc	2(a)BC	1(a)bc	1(a)Bc	1bC	3(b)	0
AC-P04	4p	5N	4(p)	4p	4(p)	4(p)	3
AC-P05	3(abc)	3(abc)	3(abc)	3(bc)	3(ab)	2ab(c)	3
AC-P06	3(abc)	3(abc)	4(p)	4p	4p	4(p)	2
AC-P07	4p	6	5s	3(ab)	4p	3(a)	2
AC-P08	3abc	4p	3(abc)	3(ab)	2a(b)	2a(b)	2
AC-P09	4p	2(a)bc	4(p)	4p	4p	3(a)	3
AC-P10	2(a)bc	2(a)bc	2a(bc)	2abc	1ABc	2(a)b(c)	3
AC-P11	2abc	2abc	2ab(c)	2ab(c)	2abc	2a(b)	3

Martin (1946), Bravato (1974), Radford et al. (1974), Gunn e Seldin (1976), Gunn (1981, 1984, 1991), Lersten e Gunn (1982), Stern (1992), Barroso et al. (1999) e Gurgel et al. (2002).

As ilustrações foram feitas manualmente, em estereomicroscópio (Zeiss MC 80 DX) com máquina fotográfica adaptada (Zeiss DX), máquina fotográfica Pentax (K1000) e Olympus (OM-4 Ti).

3. Resultados

Senna obtusifolia (L.) H.S.Irwin & Barneby – Pedúnculo do fruto com 3,03 8,48 (2,61 – 3,58) cm compr., sublenhoso, estriado, cálice rígido, com cicatrizes das peças florais visíveis (Figura 1B), puberulento, com tricomas adpressos, castanho-claros. Legume reto, encurvado (Figura 1A), seco, polispérmico, unisseriado (Figura 1D), com 33,96 12,42 (24 – 41) sementes por fruto, estenocárpico, linear (dimensões na Tabela 2), ápice acuminado-apiculado, apículo ca. 0,65 cm (Figura 1C), base cuneada, atenuada, subestipitada, estípite espessado, tricomas semelhantes aos do pedúnculo, mas mais densos margens inteiras, constrictas, nervuras dorsal e ventral caracterizadas por uma linha rígida e saliente que vai da base ao ápice do fruto. Fruto imaturo verde, maduro em tons castanhos. Pericarpo maduro seco, cartáceo, externamente opaco, faces suavemente onduladas bastante susceptíveis à colonização por fungos, com nervuras transversais levemente elevadas e raros tricomas castanho-claros, adpressos, visíveis com o auxílio de lupa, brilhante internamente, em tons castanhos mais escuros e septado (Figura 1D). Funiculo curto, sublenhoso, delgado, filiforme, reto e quebradiço (Figura 1E).

As classes de aptidão obtidas para o perfil de Espodossolo Humilúvico (AC-P01), seja pelo grupo controle ou pelo RUSTER, foram divergentes e inesperadas. No Espodossolo, a presença do horizonte B espódico, a elevada permeabilidade, o ressecamento rápido, a elevada taxa de decomposição de matéria orgânica e a baixa reserva de nutrientes deveriam resultar em elevada restrição ao uso agrícola, tanto em sistemas com baixa entrada de insumos (OLIVEIRA, 2008) como nos de alta entrada de insumos, nesse caso pelo potencial elevado de lixiviação de nutrientes, devido à textura arenosa em todo o perfil.

No RUSTER, as restrições impostas pelo reduzido estoque de nutrientes e a presença do horizonte B espódico deveriam resultar em classe de aptidão inapta para silvicultura no nível tecnológico A (NT-A) e restrita nos níveis tecnológicos B e C (NT-B e NT-C, respectivamente). Na avaliação pelo grupo controle, o grau de deficiência de fertilidade foi determinante para a indicação de aptidão boa para pastagens plantadas (Tabela 2).

Tabela 2. Graus de limitação (Nulo (N); Ligeiro (L); Moderado (M); Forte (F); Muito forte (MF) e intermediário (/)) determinados pelo grupo controle para deficiência de fertilidade (DF), deficiência de água (DA), deficiência de oxigênio (DO), susceptibilidade à erosão (SE) e impedimentos à mecanização (IM).

Perfil	Avaliador	Grau de Limitação				
		DF	DA	DO	SE	IM
AC-P01	1	MF	N/L	M	L	N
	2	M/F	N/L	M/F	L/M	M
	3	F	N	M	L	M
	4	F	L	M	N/L	M
	5	EF	F	M	L/M	L
	6	F	M	N	M/F	M/F
AC-P02	1	F/MF	M/F	N	L/M	N
	2	M/F	N/L	N	N	N
	3	M	N/L	N	L	N
	4	M	N/L	N	L	N/L
	5	MF	L	N	L	N
	6	F	L	N	L	L
AC-P04	1	F/MF	L	M	MF	F
	2	M/F	N/L	M	MF	F
	3	M	N/L	L	MF	F
	4	F	N	M	MF	F
	5	M/F	N/L	L	MF	F
	6	F	N	M	F	M/F
AC-P05	1	M	L	L/M	F	M
	2	L/M	N/L	M/F	F	F
	3	L/M	N/L	L	F	M
	4	F	N/L	L	F	M
	5	N/L	L	N/L	F	M/F
	6	L/M	L	L	M/F	M
AC-P06	1	F/MF	L/M	L	M/F	F/MF
	2	M	N/L	L/M	F/MF	F
	3	M	N/L	L	M/F	F
	4	F	N	M	F/MF	F
	5	F	L	N/L	MF	F
	6	F	L	L	M/F	M
AC-P07	1	N	M	F	F	MF
	2	-	-	-	-	-
	3	N	N/L	M	M/F	F
	4	N/L	N	M	F	M/F
	5	N/L	M	L/M	MF	F
	6	L	M	M/F	F	F
AC-P08	1	N	L	L	F	F
	2	N	N/L	M	F	F
	3	N	N/L	L	F	M
	4	N	N	L/M	F	F
	5	N	L	L	F	M/F
	6	L	L/M	M	M/F	M/F
AC-P09	1	L	N/L	N/L	F	MF
	2	L/M	L	N	M	M
	3	L/M	N/L	N	F	F
	4	M	N	N/L	MF	F
	5	N	L	N	MF	F
	6	M	L	L	F	F
AC-P10	1	M	M	L/M	L	L
	2	M	N/L	M	M	M
	3	L/M	N/L	M	M	L/M
	4	M	N	L/M	M	N/L
	5	N/L	L	L	L/M	L
	6	M	L	L	M	M
AC-P11	1	N/L	M/F	M/F	L/M	M
	2	N/L	N/L	M	M	M
	3	L	N/L	M	M	M
	4	L/M	N	M	L	M
	5	L	M	L/M	L	L/M
	6	L	M	M	M	M

No Espodossolo, o algoritmo RUSTER avaliou como aptidão boa para culturas anuais nos NT-B e NT-C e regular no NT-A (Tabela 3).

Tabela 3. Aptidão agrícola determinada pelo algoritmo RUSTER para os dez perfis de solo estudados.

Perfil	Cultivo	NT-A	NT-B	NT-C
AC-P01	Culturas anuais	Regular	Boa	Boa
	Culturas perenes	Boa	Boa	Boa
	SAFs	Boa	Boa	Boa
	Pastagens/ silvo pastoris	Boa	Boa	Boa
	Silvicultura	Boa	Boa	Boa
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P02	Culturas anuais	Inapta	Restrita	Boa
	Culturas perenes	Inapta	Restrita	Regular
	SAFs	Inapta	Restrita	Regular
	Pastagens/ silvo pastoris	Regular	Boa	Boa
	Silvicultura	Regular	Regular	Boa
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P04	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Restrita	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Boa	Boa	Regular
	Silvicultura	Boa	Regular	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P05	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Boa	Boa	Regular
	Silvicultura	Boa	Boa	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P06	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Inapta	Inapta	Inapta
	SAFs	Inapta	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Regular	Boa	Regular
	Silvicultura	Regular	Regular	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P07	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Regular	Boa	Regular
	Silvicultura	Boa	Boa	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P08	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Boa	Boa	Regular
	Silvicultura	Boa	Regular	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P09	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Boa	Boa	Regular
	Silvicultura	Boa	Regular	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P10	Culturas anuais	Inapta	Inapta	Inapta
	Culturas perenes	Restrita	Inapta	Inapta
	SAFs	Regular	Restrita	Restrita
	Pastagens/ silvo pastoris	Boa	Boa	Regular
	Silvicultura	Boa	Regular	Regular
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa
AC-P11	Culturas anuais	Restrita	Regular	Boa
	Culturas perenes	Regular	Regular	Regular
	SAFs	Regular	Regular	Regular
	Pastagens/ silvo pastoris	Regular	Boa	Boa
	Silvicultura	Boa	Boa	Boa
	Extratativismo	Boa	Boa	Boa

Essa limitação na classificação do potencial de uso da terra observada para o Espodosolo foi decorrente da inadequação do uso da atividade de argila como indicador de deficiência de fertilidade e de

deficiência de água, principalmente quando associado aos solos com textura arenosa (Tabela 4), exigindo correção na regra de interpretação utilizada nos algoritmos.

Tabela 3. Aptidão agrícola determinada pelo algoritmo RUSTER para os dez perfis de solo estudados.

Prof. cm	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg dm ⁻³	K	Al	Al+H	SB	T	V %	Argila g kg ⁻¹	Areia	Silte	Dp Mg m ⁻³	CO dag kg ⁻¹	Prem mg L ⁻¹
AC-P01 – Espodosolo Humilúvico														
0-25	0,57	0,21	0,18	0,45	2,53	0,96	48,21	27,51	33	807	160	2,64	0,42	42,54
25-60	0,97	0,12	0,02	0,36	1,79	1,11	38,06	-	26	780	194	2,75	0,21	41,99
60-100	0,52	0,12	0,00	0,09	0,73	0,64	0	-	28	786	186	2,78	0,12	52,69
AC-P02 – Latossolo Amarelo														
0-25	0,8	0,25	0,09	1,32	4,51	1,14	11,51	20,18	132	767	101	2,70	0,91	23,30
25-60	0,5	0,12	0,02	1,87	4,1	0,64	2,77	-	224	666	110	2,77	0,45	8,20
60-100	0,52	0,12	0,02	1,64	3,08	0,66	0	-	207	689	104	2,78	0,27	7,88
AC-P04 – Argissolo Vermelho														
0-25	1,62	0,29	0,09	0,99	3,72	2	12,6	34,97	144	402	454	2,72	0,86	25,77
25-60	0,75	0,16	0,05	3,76	5,52	0,96	9	-	262	330	408	2,76	0,54	9,24
60-100	0,37	0,12	0,07	0,00	10,34	0,56	14,11	-	495	162	343	2,66	0,15	0,06
AC-P05 – Argissolo Vermelho														
0-25	9,43	1,6	0,23	0,00	1,36	11,26	32,4	89,22	248	290	462	2,67	1,02	24,57
25-60	7,41	2,72	0,32	5,02	8,27	10,45	30,88	-	458	222	320	2,65	0,32	0,70
60-100	0,45	1,03	0,16	15,9	17,41	1,64	28,67	-	504	150	346	2,36	0,21	0,30
AC-P06 – Argissolo Vermelho														
0-25	1,02	0,74	0,28	3,22	6,76	2,04	11,33	23,18	266	222	512	2,84	1,28	8,20
25-60	0,42	0,41	0,14	6,14	7,92	0,97	8,5	-	364	168	468	2,58	0,64	4,93
60-100	0,35	0,58	0,16	10,83	10,94	1,09	12,5	-	499	117	384	2,87	0,43	0,46
AC-P07 – Vertissolo Háplico														
0-25	18,41	3,21	0,35	0,00	2,16	21,97	46,22	91,05	422	73	505	2,53	1,03	17,23
25-60	19,31	3,46	0,28	0,93	2,90	23,05	43,58	-	489	37	474	2,60	1,58	8,44
60-100	24,25	3,46	0,14	0,00	0,01	27,85	52,36	-	443	105	452	2,63	1,61	20,82
AC-P08 – Luvissolo Crômico														
0-25	10,33	1,48	0,14	0,00	2,61	11,95	22,07	82,07	254	188	558	2,53	1,99	30,25
25-60	10,63	2,72	0,21	1,18	3,74	13,56	24,04	-	347	85	568	2,66	0,51	12,28
60-100	10,63	3,7	0,23	3,36	5,48	14,56	33,21	-	334	42	624	2,54	0,05	6,69
AC-P09 – Argissolo Vermelho-Amarelo														
0-25	8,38	1,73	0,11	0,01	2,44	10,22	37,98	80,73	222	419	359	2,61	0,93	36,08
25-60	10,63	2,22	0,23	4,81	6,48	13,08	42,74	-	359	299	342	2,54	0,33	9,96
60-100	7,61	1,44	0,21	11,59	11,97	9,26	50,42	-	338	423	239	2,62	0,24	4,21
AC-P10 – Argissolo Vermelho-Amarelo														
0-25	2,74	1,15	0,11	0,52	3,44	4	20,1	53,76	202	304	494	2,58	0,75	28,41
25-60	3,27	2,14	0,09	4,19	6,15	5,5	19,04	-	434	168	398	2,66	0,38	8,84
60-100	3,84	1,32	0,23	11,29	12,18	5,39	23,94	-	592	83	325	2,62	0,21	1,09
AC-P11 – Vertissolo Háplico														
0-25	8,88	1,81	0,14	5,06	5,75	10,83	23,54	65,32	385	113	502	2,61	1,66	22,66
25-60	6,76	1,32	0,11	9,29	8,01	8,19	1,46	-	471	72	457	2,66	0,56	6,77
60-100	6,51	2,06	0,07	4,47	11,97	8,64	2,08	-	549	40	411	2,59	0,40	2,05

Essa limitação na classificação do potencial de uso da terra observada para o Espodosolo foi decorrente da inadequação do uso da atividade de argila como indicador de deficiência de fertilidade e de

deficiência de água, principalmente quando associado aos solos com textura arenosa (Tabela 4), exigindo correção na regra de interpretação utilizada nos algoritmos.

O estoque de nutrientes é um indicador da fertilidade do solo adotado em sistemas de avaliação das terras (KALOGIROU, 2002). Entretanto, se avaliado pela saturação por bases será dependente da textura e, ou, atividade de argila do solo. Contudo, quando avaliado pela soma de bases suplanta essas limitações. A estimativa da deficiência de água, englobando fatores climáticos e características do solo, como a estimativa do volume de água disponível, também contribui para melhorar a interpretação deste fator de limitação (PEREIRA; LOMBARDI NETO, 2004).

No Espodossolo, a textura arenosa em todo o perfil confere baixa capacidade de armazenamento de água disponível, o que não foi identificado pelas regras de interpretação do RUSTER. O grau de limitação para deficiência de oxigênio nesse solo depende de sua posição na paisagem e da profundidade do horizonte B espódico, fatores não considerados de forma homogênea pelo grupo controle ou pelo RUSTER (Tabelas 3 e 5). A avaliação da aptidão de solos com estas características poderá ser melhorada pela inclusão de parâmetros de posição da paisagem (zona de sedimentação, zona de erosão ou zona de recarga) e substituição do indicador de estoque de nutrientes, utilizando-se o valor de soma de bases ao invés da saturação de bases que depende da atividade de argila e, ou, textura do solo.

Tabela 5. Representação dos graus de limitação (Nulo (N); Ligeiro (L); Moderado (M); Forte (F); Muito forte (MF)) gerados pelo sistema de avaliação das terras, RUSTER, para deficiência de fertilidade (DF), deficiência de água (DA), deficiência de oxigênio (DO), susceptibilidade à erosão (SE) e impedimentos à mecanização (IM).

Perfil	DF	DA	DO	SE	IM
AC-P01	N	L	N	L	N
AC-P02	MF	N	N	N	N
AC-P04	F	N	N	MF	F
AC-P05	N	L	N	MF	L
AC-P06	MF	L	N	MF	F
AC-P07	L	M	N	MF	L
AC-P08	N	L	N	MF	F
AC-P09	N	L	N	MF	F
AC-P10	N	N	N	MF	F
AC-P11	M	M	N	L	N

Para o perfil de Latossolo Amarelo (AC-P02), o grupo controle indicou diferentes classes de aptidão para lavouras, predominando a restrita no NT-A, regular no NT-B e boa no NT-C (Tabela 1), sempre associadas ao grau de limitação variando de moderado a muito forte para deficiência de fertilidade (Tabela 2). Não houve coincidência na classe de aptidão agrícola, como ocorreu com outros solos. O RUSTER indicou para o Latossolo Amarelo aptidão boa para culturas anuais no NT-C (Tabela 3), restrita para culturas anuais no NT-B e regular para pastagens e

sistemas silvo pastoris no NT-A, em razão da deficiência de fertilidade muito forte devido a elevada saturação de alumínio e o baixo estoque de nutrientes (Tabela 4).

Nesse perfil embora a acidez do solo não possa ser inteiramente corrigida no NT-B sem a incorporação de corretivos, esta limitação resultaria em aptidão regular, já que o uso de fertilizantes pode melhorar a baixa fertilidade natural (CHAGAS et al., 2006), assim a classe de aptidão regular para lavouras apontada pelo grupo controle foi mais apropriada. A classe de aptidão regular para pastagens no NT-A também não foi coerente com a baixa exigência em nutrientes da maioria das gramíneas forrageiras (SILVA et al., 2009), principalmente quanto a elementos como Cálcio e Magnésio.

A localização do AC-P02 em relevo variando de plano a suave ondulado, sem camadas adensadas ou coesas, em região com boa pluviometria anual e valor de soma de bases superior a $0,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo, em todo o perfil, indicam grupo de aptidão 1(a)bC pelo sistema convencional conforme observado por Hamada et al. (2006). Entretanto pelo SAAAT, somente um avaliador apontou essa classe de aptidão, e o RUSTER também não classificou adequadamente o solo para os NT-A e NT-B, com maior limitação atribuída à fertilidade. A interpretação mais coerente seria admitir o grau de deficiência muito forte, devido à elevada acidez e baixo estoque de nutrientes, nas classes de aptidão boa para pastagens e sistemas silvo pastoris no NT-A e boa para sistemas agroflorestais no NT-B. Contudo, mesmo considerando essas correções a serem feitas, o uso do algoritmo mostrou-se superior à avaliação obtida com base na experiência dos especialistas, as quais resultaram em maiores distorções na classificação do potencial de uso da terra.

Os Argissolos AC-P04 e AC-P06 apresentaram restrições semelhantes de ordem química (Tabela 4) e em relação ao relevo (forte ondulado). Em geral os Argissolos brasileiros apresentam um horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, atividade de argila baixa, saturação por alumínio igual ou maior que 50% e, ou saturação por bases inferior a 50% na maior parte do horizonte B (OLIVEIRA, 2008), além de ser comum nestes solos limitações para o uso agrícola associadas ao relevo (GOMES et al., 2005).

Para o perfil AC-P04, o grupo controle indicou aptidão restrita para pastagem plantada (Tabela 1), devido à susceptibilidade à erosão ou a deficiência de fertilidade (Tabela 2). No perfil AC-P06, não houve concordância entre o grupo controle, que indicaram aptidão restrita para lavoura em todos os níveis de manejo e aptidão variando de regular a restrita para pastagem plantada (Tabela 1), em função da susceptibilidade à erosão ou de impedimentos à mecanização.

O RUSTER indicou limitações semelhantes para os Argissolos AC-P04 e AC-P06 (Tabela 3). No perfil AC-

P04 a aptidão para pastagens e silvo pastoris foi boa nos NT-A e NT-B e regular no NT-C. Já no perfil AC-P06, a diferença foi na classe de aptidão regular para pastagens também no NT-A (Tabela 4). Os fatores mais limitantes foram deficiência de fertilidade, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. A discordância entre os sistemas se deu na aptidão boa para pastagens e sistemas silvo pastoris indicada pelo RUSTER, no perfil AC-P04, superior a classe restrita para pastagens plantadas, atribuída pelo grupo controle.

No estado do Acre, as pastagens apresentam bom desenvolvimento, mesmo em solos ácidos e manejados sem entrada de insumos. Esse fato é relacionado à ausência de resposta das gramíneas a correção da acidez, quando os teores de cálcio e magnésio trocáveis estão acima de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 3). Assim, recomenda-se o uso com sistemas de produção que reduzam os processos erosivos, sendo a classificação do RUSTER mais adequada para esse grupo de solos do que aquela que foi obtida pelos especialistas.

Os Argissolos dos perfis AC-P05 e AC-P09, apresentam características químicas distintas dos solos anteriormente avaliados, com destaque para o elevado estoque de nutrientes associados a altos teores de alumínio extraível em $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, interpretado equivocadamente como sendo equivalente a alumínio "trocável" (Tabela 3) (WADT, 2002). A classe de aptidão para o perfil AC-P05 foi restrita para lavouras e para o perfil AC-P09 foi regular para pastagens (Tabela 1), sempre associada à limitação por susceptibilidade à erosão.

Para esses Argissolos foi comum pelos especialistas a indicação de grau forte para deficiência de fertilidade, provavelmente devido à interpretação do teor de alumínio como em nível fitotóxico, porém, nessa região o teor de alumínio é um indicador inadequado de acidez (BERNINI et al., 2013a) por estar retido nas entre-camadas de minerais de argila do tipo 2:1 (BERNINI et al., 2013b).

Pelo RUSTER, a aptidão desses solos para pastagens e sistemas silvo pastoris foi boa nos NT-A e NT-B, e regular no NT-C. Para sistemas agroflorestais, a aptidão foi regular no NT-A e restrita nos NT-B e NT-C (Tabela 4), onde o relevo condicionou limitações de susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Para culturas anuais, o RUSTER indicou a classe inapta nos três níveis tecnológicos (Tabela 4) para ambos os solos. Entretanto, no AC-P05, a classe de relevo suportaria a classe regular no NT-A para cultivos perenes desde que com aplicação de práticas conservacionistas. Todavia, se considerada a vulnerabilidade destes ambientes a processos de deslizamentos de solos, favorecidos pela combinação do relevo, de gradiente textural dos solos e da elevada precipitação pluviométrica, a aptidão indicada pelo RUSTER foi adequada.

Os Luvisolos são caracterizados pela presença de horizonte B textural, argila de alta atividade e alta saturação por bases (EMBRAPA, 2006). De forma distinta, solos com B textural e argila de alta atividade no estado do Acre, representados pelos perfis AC-P10 e AC-P08, diferem do conceito central pelos altos teores de alumínio trocável em profundidade (Tabela 4), conferindo a baixa saturação por bases, mesmo diante de teores de cálcio e magnésio elevados.

O grupo controle indicou para o perfil AC-P08 classe de aptidão regular para lavouras no NT-A e restrita para lavouras no NT-B e inapta para lavouras no NT-C. O Argissolo Vermelho Amarelo (AC-P10) apresentou grande semelhança em suas propriedades químicas com o perfil AC-P08, e sua aptidão para lavouras foi restrita no NT-A e regular nos NT-B e NT-C (Tabela 1). Os fatores que determinaram estas classificações foram a susceptibilidade à erosão, deficiência de fertilidade, deficiência de água e deficiência oxigênio, variando entre os avaliadores (Tabela 2). O RUSTER indicou para ambos os solos aptidão boa para pastagens nos NT-A e NT-B, e regular no NT-C. Para sistemas agroflorestais, a aptidão foi regular no NT-A e restrita nos NT-B e NT-C (Tabela 3), tendo como principais limitações à susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização, pelo relevo forte ondulado.

O RUSTER classificou de forma homogênea a aptidão agrícola do Luvisolo e do Argissolo Vermelho-Amarelo do perfil AC-P10, diferentemente da classificação feita pelo grupo controle. Quando comparada ambas as aptidões (RUSTER e grupo controle), a classe de aptidão regular para sistemas agroflorestais no NT-A (aproveitando a boa fertilidade natural destes solos com a indicação de sistemas mais conservacionistas) e restrita para sistemas agroflorestais nos NT-B e NT-C, devido aos maiores riscos de erosão associado a estes níveis tecnológicos (MENDONÇA et al., 2006), foi mais coerente no RUSTER que a indicação de aptidão regular para culturas, mesmo que no NT-A (AC-P08) ou NT-B e NT-C.

O grupo controle indicou classe regular para pastagens no perfil de Vertissolo Háptico do perfil AC-P07 (Tabela 1), devido aos impedimentos à mecanização (Tabela 2), enquanto que o RUSTER indicou aptidão boa para pastagens nos NT-A e NT-B e regular no NT-C (Tabela 3). A aptidão foi regular para culturas perenes e sistemas agroflorestais no NT-A e restrita para sistemas agroflorestais nos NT-B e NT-C (Tabela 3). O RUSTER também identificou limitações nesses solos quanto à suscetibilidade à erosão e deficiência à água, sendo sua classificação mais coerente com o histórico das pastagens na região, que mostram boa produtividade e maior vulnerabilidade a suscetibilidade à erosão.

O Vertissolo Háptico do perfil AC-P11 apresentou elevados teores de cálcio e magnésio, argila de alta atividade e altos teores de silte (Tabela 4). O grupo

controle indicou aptidão regular para lavouras nos três níveis tecnológicos (Tabela 1), em função do grau de limitação para deficiência à água (dois avaliadores) ou deficiência a oxigênio (um avaliador) (Tabela 2). Para este solo, o RUSTER indicou limitação moderada para deficiência à fertilidade e deficiência à água pela presença de argilas de alta atividade (Tabela 4).

O RUSTER indicou aptidão regular para culturas perenes nos três níveis tecnológicos e, para culturas anuais, boa no NT-C, regular no NT-B e restrita no NT-A. No entanto no NT-A poderia haver uma indicação de uso mais intenso que no NT-B ou no NT-C, uma vez que a elevada precipitação aliada a presença de argila de atividade alta, condiciona ao solo elevada pegajosidade quando úmido e a consistência muito dura quando seco, resultando em maior grau de limitação às práticas mecânicas (OLIVEIRA, 2008).

Essas propriedades físicas estão associadas a limitações por deficiência de água e de oxigênio (CARDOSO et al., 2002). Dado que o RUSTER utiliza a atividade de argila como parâmetro para avaliar impedimento à mecanização (DELARMEINDA et al., 2011), é possível que a interpretação obtida pode ter sido devida ao valor de atividade de argila menor que o limite associado à Vertissolos no Acre (Tabela 4). Já o grupo controle avaliou de forma adequada o grau de limitação para impedimento à mecanização e consequentemente, a classe de aptidão agrícola para NT-B e NT-C.

Neste trabalho, adotou-se como critério para a classificação da aptidão agrícola pelo grupo controle a escolha da classe mais frequente. Porém, a reduzida concordância entre as classificações de um mesmo solo (Tabela 1) evidencia limitações do sistema de aptidão, que o torna susceptível a fatores não controlados, como por exemplo, o grau de conhecimento ou familiaridade do especialista com os conceitos do SAAAT.

Essa menor eficiência do SAAAT foi ainda mais evidente quanto aplicado aos solos do estado do Acre, cuja intensidade dos processos pedológicos é baixa, por serem oriundos de materiais de origem recentes e solos ainda pouco estudados (SCHAEFER, 2013), resultando em maior discordância nas interpretações da aptidão agrícola. Da mesma forma, são poucas as informações de sistemas de manejo e práticas agrícolas adequadas às condições de clima e solo do bioma Amazônico. Assim para o Latossolo, a aptidão para culturas variou de boa a restrita no NT-C ou de restrita a inapta, no NT-A. No Argissolo Vermelho Amarelo (AC-P09), a classe de aptidão variou de regular para culturas no NT-B e NT-C, a restrita para pastagem plantada (NT-B).

Dado que a tendência atual é que as políticas agrícolas incorporem nas recomendações para o uso da terra, além das questões conservacionistas de controle de erosão e da qualidade da água, também fatores ambientais como, preservação dos habitats de animais, qualidade do ar, sequestro de carbono e conservação

de energia (CLAASSEN et al., 2008; DOBBS, PRETTY, 2008), os novos sistemas de interpretação da avaliação da aptidão agrícola das terras devem ser adequados para aplicação em grandes escalas (menores que 1:20.000), de forma que todos os aspectos da variação do uso da terra sejam adequadamente mensuráveis e quantificados, não só para fins de produção agrícola, mas também para a prestação de serviços ambientais (WADT, 2013).

O RUSTER mostrou-se promissor para a avaliação da aptidão agrícola, ao incorporar novos conceitos quanto a nível tecnológico, tipos de uso da terra e classes de aptidão, e as falhas identificadas podem ser corrigidas sem a necessidade de incorporar novos indicadores. Assim, os algoritmos testados neste trabalho concorrem para tornar a classificação da aptidão agrícola da terra menos onerosa, permitindo sua aplicação em uma escala apropriada para o planejamento e a condução de políticas agroambientais nos mais diversos tipos de uso da terra na Amazônia.

4. Conclusões

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras apresenta resultados inconsistentes entre profissionais do grupo controle para a avaliação de perfis de solos do estado do Acre. A parametrização e o algoritmos testados foram promissores para algumas classes de solos (Argissolos, Luvisolos, Vertissolos e Latossolo), requerendo, todavia, revisão das regras de interpretação, principalmente para o Espodosolo.

5. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de mestrado ao primeiro autor e apoio financeiro por meio dos fundos setoriais do MCT: CT-Agronegócio e CT-Hidro.

6. Referências Bibliográficas

- ANJOS, L. H. C.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A.; FRANCELINO, M. R.; CALDERANO, S. B. Caracterização Morfológica, Química, Física e Classificação dos Solos Estudados na IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G. **Guia de Campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**. 1. ed. Rio Branco: Embrapa / SBCS, 2013. p. 147-194.
- BERNINI, T. A.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A.; ANJOS, L. H. C.; CALDERANO, S. B.; WADT, P. G. S.; MORAES, A. G. L.; SANTOS, L. L. Taxonomia de solos desenvolvidos sobre depósitos sedimentares da Formação Solimões no Estado do Acre. **Bragantia**, v. 72, p. 71-80, 2013a.
- BERNINI, T. A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; FONTANA, A.; CALDERANO, S. B.; WADT, P. G. S. Quantification of aluminium in soil of the Solimões Formation, Acre state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1587-1598, 2013b.
- CARDOSO, E. L.; SPERA, S. T.; PELLEGRIN, L. A.; SPERA, M. R. N. **Solos do Assentamento Taquaral, Corumbá, MS: caracterização, limitações e aptidão agrícola**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. (Documentos, 29).
- CHAGAS, C. S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; PEREIRA, N. R.; FERNANDES FILHO, E.I. **Aplicação de um sistema**

- automatizado (ALES - Automated Land Evaluation System) na avaliação das terras das microrregiões de Chapecó e Xanxerê, oeste catarinense, para o cultivo de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 509-522, 2006.
- CLAASSEN, R.; CATTANEOB, A.; JOHANSSON, R. Cost-effective design of agri-environmental payment programs: U.S. experience in theory and practice. *Ecological Economics*, v. 65, p. 737-752, 2008
- CORSEUIL, C. W.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F. L.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. Geoprocessamento e sensoriamento aplicado na determinação da aptidão agrícola de uma microbacia. **Irriga**, v.14, n. 1, p. 12-22, 2009.
- DELARMEINDA, E. A.; WADT, P. G. S.; ANJOS, L. H. C.; MASUTTI, C. S. M.; SILVA, E. F.; SILVA, M. B. E.; COELHO, R. M.; SHIMIZU, S. H.; COUTO, W. H. Avaliação da Aptidão Agrícola dos Solos do Acre por Diferentes Especialistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 36, p. 1841-1853, 2011.
- DENGIZ, O.; OZCAN, H.; KOKSAL, E.S.; BASKAN, O.; KOSKER, Y. Sustainable natural resource management and environmental assessment in the Salt Lake (TuzGolu) Specially Protected Area. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 161, n, 1-4, p. 327-342, 2010.
- DOBBS, T. L.; PRETTY, J. Case study of agri-environmental payments: The United Kingdom. **Ecological Economics**, v. 65, p. 765-775. 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A.; LOMBARDI NETO, F. Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n. 4, p. 861-866, 2006.
- GOMES J. B. V.; LUMBRERAS J. F.; OLIVEIRA, R. P.; BHERING, S. B.; ZARONI, M. J.; ANDRADE, A. G.; CALDERANO, S. B. Aptidão para reflorestamento das sub-bacias dos canais do Mangue e do Cunha, município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 459-466, 2005.
- HAMADA, E.; ASSAD, M. L. L.; PEREIRA, D. A. Aptidão agrícola na área de recarda do Aquífero Guarani: caso da microbacia hidrográfica do Córrego do Espraçado, Ribeirão Preto, SP. **Engenharia Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 62-71, 2006.
- KALOGIROU, S. Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 26, p. 89-112, 2002.
- LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.
- LIMIN, J.; YAOLIN, L. Model of land suitability evaluation based on computational intelligence. **Geo-spatial information science**, v.10, n. 2, p. 151-156, 2007.
- MENDONÇA, I. F. C.; LOMBARDI NETO, F.; VIÉGAS, R. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Riacho Una, Sapé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 888-895, 2006.
- OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 2008.
- PEDRON, F. A.; POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KLAMT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 105-113, 2006.
- PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2004. (Documentos, 43).
- QUAN, B.; ZHU, H. J.; CHEN, S. L.; OMKENS, M. J. M. R.; LI, B. C. Land suitability assessment and land use change in Fujian Province, China. **Pedosphere**, v. 17, n. 4, p. 493-504, 2007.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995.
- RESHMIDEVI, T. V.; ELDOHO, T. I.; JANA, R. A. GIS-integrated fuzzy rule based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. **Agricultural Systems**, v. 101, n. 1-2, p. 101-109, 2009.
- SCHAEFER, C. E. G. R. Clima e Paleoclima do Acre: Memórias e Cenários da Aridez Quaternária na Amazônia e Implicações Pedológicas. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G. **Guia de Campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**. 1. ed. Rio Branco: Embrapa / SBCS, 2013. p. 59-80.
- SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V.; MARANHÃO, C. M. A.; PATÊS, M. S.; SANTOS, L.C. Características morfológicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 657-661, 2009.
- WADT, P. G. S. **Manejo de solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002 (Documento Técnico).
- WADT, P. G. S. **Payments for Farm Environmental Services**. 1. ed. Plant City: CPS, 2013.
- YUNYAN, D.; WEI, W.; FENG, C.; MIN, J. A case-based reasoning approach for land use change prediction. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 8, p. 5745-5750, 2010.