

Avaliação de uma agrofloresta na recuperação de um solo tropical

Evaluation of an agroforestry in the recovery of a tropical soil

Evaluación de una agrofloresta en la recuperación de de un suelo tropical

Claudio Eduardo Andreoti

Universidade de São Paulo

ceandreoti@usp.br

Sidneide Manfredini

Universidade de São Paulo

sidmanfredini@gmail.com.br

Resumo

A região de Cotia e Ibiúna em São Paulo, Brasil, situa-se em Área de Proteção Ambiental mas abastece de alimentos a Capital paulista. Entre os agricultores ocorre expansão da agricultura orgânica mas as exigências de alta produção mantém características agrícolas convencionais como monocultura intensiva, preparo mecânico e irrigação. Avaliou-se a eficiência de uma agrofloresta através da análise morfológica comparativa e da caracterização do funcionamento hídrico do solo sob três tipos de uso: Mata Nativa, Agrofloresta e Pasto. Constatou-se que a estrutura do solo, expressa pela densidade e porosidade, permanece equivalente a pastagem, devido à baixa diversidade e densidade de plantio comprometendo o sinergismo entre elas e ao restrito potencial edáfico do solo, ácido, raso e estrutura incipiente.

Palavras-chave: Agroecologia, Agrofloresta, Pedologia, Climatologia

Abstract

The region of Cotia and Ibiúna in São Paulo, Brazil, is located in Environmental Protection Area but supplies food to the City of São Paulo. Among farmers there is expansion of organic agriculture but the requirements of high production maintains conventional agricultural characteristics such as intensive monoculture, mechanical preparation and irrigation. The efficiency of an agroforestry was evaluated through comparative morphological analysis and characterization of soil water performance under three land uses: native forest, agroforestry and pasture. It was verified that the soil structure, expressed by the density and porosity, remains equivalent to pasture, due to the low diversity and density of planting compromising the synergism between them and to the restricted soil potential, acid, shallow and incipient structure.

Key words: Agroecology, Agroforestry, Pedology, Climatology

Resumen

La región de Cotia e Ibiúna en São Paulo, Brasil, se sitúa en Área de Protección Ambiental pero abastece de alimentos a la Capital del Estado de São Paulo. Entre los agricultores se expande la agricultura orgánica pero las exigencias de alta producción mantienen características agrícolas convencionales de monocultura intensiva, preparación mecánica e irrigación. Se evaluó la eficiencia de una agroforestación a través del análisis morfológico comparativo y la caracterización del

funcionamiento hídrico del suelo bajo tres tipos de uso: Mata Nativa, Agrofloresta y Pasto. Se constató que la estructura del suelo, su densidad y porosidad, permanece equivalente al pastoreo, debido a la baja diversidad y densidad de plantación comprometiendo el sinergismo entre ellas restringido potencial edáfico del suelo, ácido, raso y estructura incipiente.

Palabras clave: Agroecología, Agroforestería, Pedología, Climatología

Introdução

Para a compreensão dos elementos e processos de produção do espaço geográfico o geógrafo deve se voltar para questões interdisciplinares que influem na relação homem/meio, assim a perspectiva integrada de aspectos tão diversos como os sócio-econômicos, culturais, ambientais e outros é fundamental e dentro dessa abordagem se insere o estudo do clima e dos solos.

A Climatologia, embora próxima das ciências físicas e exatas, sempre se fez presente no universo das investigações geográficas porque sua preocupação está necessariamente associada ao espaço terrestre, enquanto projeção dos fenômenos atmosféricos (CONTI, 2001, p. 91).

O estudo dos solos na geografia é considerado relevante devido à sua importância para o ambiente e para as sociedades humanas. Os solos são abordados em diversas áreas do conhecimento mas na ciência geográfica conhecer a sua gênese, evolução, características e sua distribuição espacial na superfície são fundamentais para compreender o uso e ocupação social do espaço.

Ao geógrafo russo Vasily Dokuchaev é creditado o estabelecimento das bases da Ciência do Solo e da Ciência da Paisagem, seus trabalhos resultaram na observação de que solo transcendia a ideia de um amontoado de materiais e sim resultante de uma intrincada interação de fatores como o clima, organismos e relevo que sob o passar do tempo alteram o material de origem (LIMA, ANDRADE e FORTUNA, 2016, p. 9-10).

A ação antrópica vem promovendo cada vez mais alterações nos solos podendo se considerar que a maior característica da ação humana seria a *aceleração* de sua evolução através de alterações dos fatores de evolução pedológica. Essa aceleração se dá de forma intencional ou involuntariamente e os resultados podem ser positivos ou negativos.

Em relação ao clima, a importância em seu estudo e sua conexão com a Pedologia se dá pela constatação de que o homem afeta o recurso solo desde a escala micro (irrigação, alteração de coberturas, etc) até a global como o aquecimento do planeta resultante de emissões de gases estufa. Entre os organismos a ação humana ocorre desde tempos imemoriais, pela eliminação/seleção de espécies vegetais e animais a serem aproveitadas ou alterando as condições físicas e químicas que influem sobre a endopedofauna presente. O relevo e material de origem por sua vez são profundamente alterados pela ação de técnicas como nivelamento de terrenos e remoção ou importação de insumos diversos ou de volumes de solos de acordo com os interesses culturais.

A implementação da legislação ambiental no Brasil estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC através da Lei nº 9.985, 18 de julho de 2000, essa legislação tem representado um grande avanço no sentido de ressaltar a importância do efetivo reconhecimento dos componentes do meio físico, suas estruturas, funcionalidades e interdependências, na definição da dinâmica evolutiva da paisagem, fundamental ao estabelecimento de práticas sustentáveis, no que concerne a ocupação do território.

Essa Lei permite uma classe de unidades de preservação nas quais é permitido algum grau de exploração através das APAs (Áreas de Proteção Ambiental) as quais se constituem em unidades de conservação especialmente importantes por preverem a conciliação dos diferentes usos (residenciais, industriais, etc...) com a sustentabilidade, ou seja, com a conservação dos recursos naturais, sendo as únicas unidades de conservação que podem ser implementadas em áreas urbanas.

O compromisso com a sustentabilidade remete a definição de tecnologias e estabelecimento de padrões de ocupação diferentes dos que vem norteando a ocupação da mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP.

Para se entender a gênese e a dinâmica da paisagem urbana é necessário que se compreenda a natureza e intensidade dos vetores sociais, culturais, ideológicos e econômicos, que ao longo do tempo condicionaram as formas de ocupação. Por outro lado, é preciso que se compreenda que o “estado de equilíbrio dinâmico” na paisagem urbana não corresponde àquele da paisagem natural.

No caso da RMSP, a paisagem urbana foi sendo construída no âmbito do projeto de implantação de um parque industrial, em um país de economia periférica, financiado pelos excedentes de capital gerados pela atividade agrícola e investimentos externos, no qual a mão de obra podia ser considerada descartável, uma vez que podia ser prontamente substituída por novo fluxo migratório.

Dentro desta perspectiva, a cidade de São Paulo foi crescendo em equilíbrio, que só era rompido pelo impacto de eventuais instabilidades na economia mundial. O fato de, desde o início, a implantação desse parque industrial nas várzeas ter ocasionado a poluição das águas e intensificação das cheias não era relevante, porque não onerava efetivamente o sistema produtivo.

Para a indústria era mais barato se valer de poços artesianos para obter água limpa, do que investir em estruturas para tratamento de resíduos e os prejuízos materiais provocados pelas cheias poderiam se transformar em lucro (isenção de impostos, linhas especiais de crédito ou simples repasse superestimado ao consumidor).

A população que coabitava essas várzeas e era afetada pela degradação ambiental, sendo constituída pela tal mão de obra descartável, também apostava no desenvolvimento deste parque industrial como meio de ascensão social. O poder público desde o início até hoje, cumpre sua

“função” de atender as demandas decorrentes da expansão deste parque industrial e do vigoroso setor terciário por ele gerado.

Quando se observa hoje, a região metropolitana de São Paulo, e seus milhões de habitantes, cerca de 20% dos quais morando em favelas, com seus mais de 400 pontos de inundação, com suas áreas de risco de deslizamento, com suas águas superficiais totalmente poluídas, com lençol freático rebaixado e contaminado, com déficit de água potável per capita, onde se tem sobrevivido a invernos com níveis críticos de poluição e de umidade relativa do ar, pode-se concluir que o equilíbrio entre os objetivos e os meios com que o conjunto da sociedade construiu esse espaço, não contou com o suporte técnico-científico adequado, que assegurasse sua sustentabilidade a longo prazo.

A APA de Itupararanga, na qual se situa este estudo, engloba os municípios de Cotia, Ibiúna, Vargem Grande, Piedade, São Roque, Votorantim, Alumínio e Mairinque que agregam atividades industriais, mineração e agropastoris. Dentre as atividades destacadas, somente as agropastoris podem ser manejadas a fim de incrementar a produção de água.

A região compreendida entre Cotia e Ibiúna compunha o chamado cinturão caipira, constituído por aglomerados de agricultores distribuídos nos arredores da área metropolitana. Esta agricultura, de exploração familiar, diversificada, subsistia graças à proximidade do importante mercado consumidor representado pela região metropolitana, através de uma estrutura de comercialização primitiva; venda direta ao consumidor ou a pequenos comerciantes.

Nos municípios de Cotia, Vargem Grande e Ibiúna, o afluxo de imigrantes japoneses a partir da segunda década do século XX, propiciou a implantação de um sistema produtivo comercial de hortifrutigranjeiros, perfeitamente inserido no novo estágio de desenvolvimento sócio econômico, compondo o “cinturão verde” (em substituição à agricultura caipira e culminou com a formação da Cooperativa Cotia 1971).

A região integra hoje, o “cinturão especulativo” no entorno da região metropolitana de São Paulo. Os indícios da transformação das formas de ocupação assinalados por Seabra (1971) vieram se consolidando ao longo destes anos: desaparecimento progressivo das atividades agrícolas relacionadas à produção de hortifrutigranjeiros, proliferação de chácaras de fim de semana e a expansão da cultura de eucalipto como forma de viabilizar a estocagem de terras.

As chácaras de final de semana se transformaram em residências fixas, o comércio ao longo da rodovia Raposo Tavares se ampliou e diversificou sensivelmente e pequenos núcleos de habitação de baixa renda foram sendo implantados para abrigar o contingente de prestadores de serviços a essa comunidade.

Por outro lado, como toda periferia da Grande São Paulo, a região sofre pressões, por parte do Governo Estadual, para implantação de conjuntos habitacionais e aterros sanitários e por parte dos Governos Municipais para expansão dos parques industriais e do setor terciário.

Assim esta região, num processo de conurbação, tenderia a se incorporar à mancha da RMSP, reproduzindo os mesmos padrões de ocupação e gerando os mesmos problemas sócio ambientais. Desta forma a criação da APA se configura como possibilidade de geração de um novo urbano, mais próximo do equilíbrio.

Nos municípios de Vargem Grande e Ibiúna ainda se constata a existência de um remanescente significativo de produção de hortaliças conduzido por arrendatários, em sistema convencional que se vale abusivamente de agrotóxicos e concorrem para a degradação do solo e comprometem a produção e a qualidade da água.

Nas últimas décadas, tem se verificado nesses municípios uma expansão da agricultura orgânica de estrutura familiar substituindo a olericultura tradicional dependente de insumos químicos, o que se faz recomendável já que se situa numa Zona de Conservação dos Recursos Hídricos (ZCRH) no âmbito da APA.

A consolidação deste sistema de cultivo, essencial à proteção dos remanescentes de matas nativas e preservação do solo e da água, infelizmente tem se dado sem uma assistência técnica institucional que oriente práticas de cultivo, financiamentos ou mesmo estrutura de comercialização.

A agricultura orgânica ali praticada pode ser classificada como de transição: restringe-se à substituição dos insumos químicos, mantendo a monocultura intensiva, preparo mecânico do solo, incluindo subsolagem e irrigação por aspersão, que concorrem para a degradação da estrutura do solo.

Uma alternativa a este tipo de agricultura, que está sendo implantada em algumas parcelas experimentais na Fazenda Morros Verdes, é a Agrofloresta ou Sistemas Agroflorestais (SAF), ela parte do pressuposto que nos sistemas agrícolas também ocorrem os processos ecológicos encontrados em formações naturais de vegetação e que, sendo assim, essas culturas podem ser manipuladas com base nesses processos para melhorar os atributos físicos e químicos do solo, concorrendo para aumentar a absorção e o armazenamento da água proveniente da atmosfera com a conseqüente regularização da vazão de água em superfície e subsuperfície.

Essa melhora se dá através da diminuição da variação de temperatura em superfície, reciclagem de nutrientes de camadas mais profundas, redução das intensidades de fluxos superficiais, pelo aumento da rugosidade e principalmente pelo aumento da atividade biológica, fundamental para o incremento da porosidade (ALTIERI, 2012).

O SAF analisado foi implantado há quatro anos, em área anteriormente ocupada por pastagem, associada à estocagem de terras. Com pequeno número de cabeças de gado por área, mas sem contar com manejo adequado, os solos apresentam camada compactada em subsuperfície que comprometem a absorção da água que incide sobre a superfície.

Procurou-se avaliar a eficiência de um SAF na recuperação de um solo degradado, através da análise morfológica comparativa da cobertura pedológica e da caracterização do funcionamento do solo através de balanço hídrico em três tipos de cobertura vegetal: Mata Nativa, SAF e Pasto.

Área de Estudo

A sede do município de Ibiúna está localizada nas coordenadas geográficas 23° 38' 40"S e 047° 13' 27"W estando a cerca de 80km a Oeste da Capital de São Paulo e parte de sua área esta inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) de Itupararanga, que compreende também as cidades de Piedade, Votorantin, Alumínio, Vargem Grande Paulista, Cotia, São Roque, Mairinque e Sorocaba, sendo lindeira à Reserva do Morro Grande onde se situa o reservatório do Alto Cotia.

A região do município de Ibiúna faz parte da área de captação do reservatório de Furnas, responsável por cerca de 65% do abastecimento de água da região do médio Sorocaba. A Figura 01 a seguir representa a localização do município e seus vizinhos no Estado.

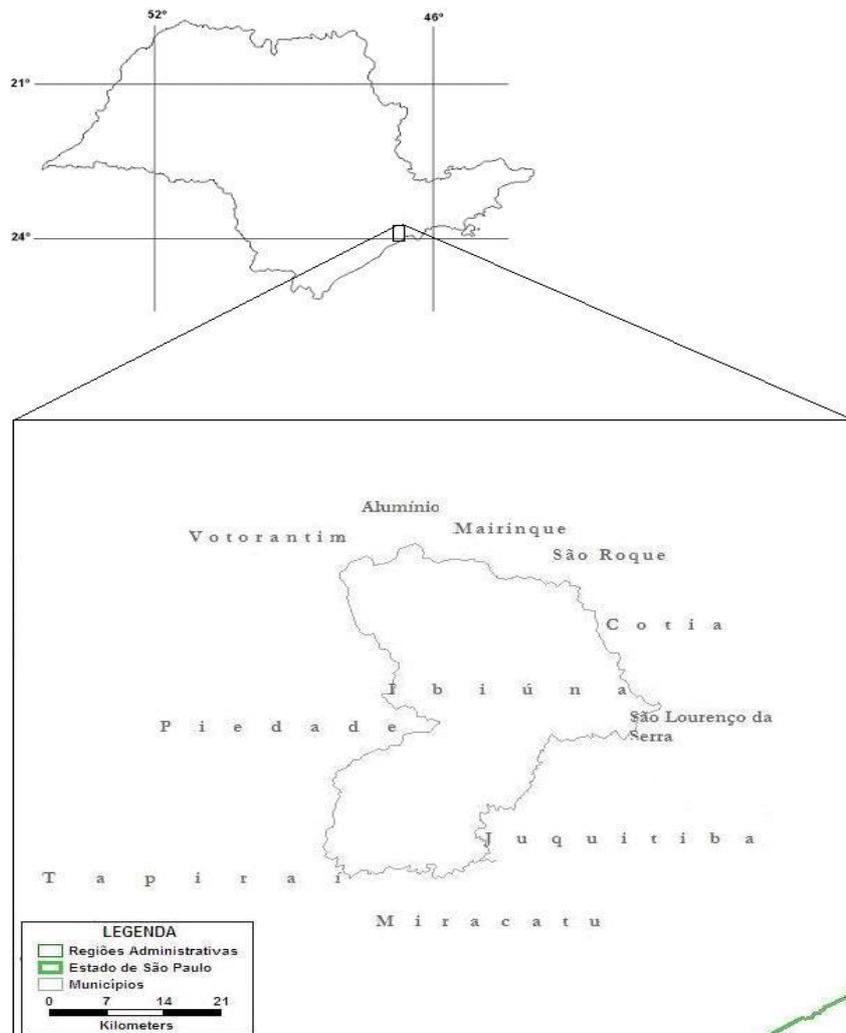


Figura 01: Localização de Ibiúna e municípios vizinhos no Estado de S. Paulo . Org. Por: Claudio E. Andreoti (2012).

O município está localizado dentro do domínio morfoclimático dos Mares de Morros, região de Floresta Pluvial Tropical Atlântica com Florestas Ombrófilas Densas, a drenagem da região se caracteriza pela alta densidade em vales abertos a fechados e planícies aluvionares interiores desenvolvidas que em geral se constituem relevos de degradação.

Os solos variam em função do relevo com associações de Gleissolos Melânicos distróficos típicos ou organossólicos com textura indiscriminada somados a Cambissolos Háplicos distróficos típicos de textura média e argilosa ambos presentes em relevos planos, nas fases de relevo ondulado e forte ondulado ocorrem Latossolos Vermelho-Amarelos/Vermelhos distróficos típico, de horizonte A moderado e textura argilosa e nos relevos forte ondulados a ocorrência é de associações de Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos típicos, com horizonte A moderado ou proeminente e textura média/argilosa combinados a Cambissolo Háplico, A moderado com textura argilosa (ROSSI, 2017).

O clima predominante é do tipo Cwa, temperado úmido de inverno seco e verão quente, temperatura média de 19.1°C e pluviosidade anual média de 1308.8 mm, as normais climatológicas não apontam para períodos de deficit hídrico no Município. A aptidão agrícola é adequada a espécies arbóreas de ciclo longo, reflorestamento ou pastagem plantada e a capacidade de uso do solo é limitada pela erosão ou risco de erosão e, em alguns pontos, por excesso de água no solo.

A fazenda onde foi realizado o estudo, está localizada a Sudeste da sede do município e possui uma área de 260 ha das quais 40 ha estão em Área de Preservação Permanente (APP) e é voltada para o turismo ecológico e educação e pesquisa ambiental. A fazenda está em área das bacias de drenagens do Rio Sorocabuçu (Médio Tietê) e a do Rio Juquiá (Ribeira de Iguape) e entre os objetivos do planejamento da fazenda está a recuperação das áreas de nascentes e matas ciliares ali presentes, esta recuperação vem sendo realizada através de práticas agroecológicas, como a implantação de agroflorestas em algumas parcelas.

Esse tipo de agroecossistema foi escolhido pelo proprietário devido a sua característica de aproximação aos ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, possuindo um grande potencial para a restauração de áreas e ecossistemas degradados como é o caso do antigo pasto abandonado na fazenda que foi o objeto do estudo.

A presença de árvores talvez seja a característica mais marcante de um SAF e se constitui na maior contribuição para a melhoria do funcionamento hídrico do solo em uma agrofloresta, uma vez que seus efeitos se dão em níveis aéreos, superficiais e subsuperficiais, afetando a incidência da radiação solar, precipitação, umidade relativa e movimentos de ar, preenchimento de volumes e estruturação do solo, a redistribuição dos nutrientes e a desenvolvimento e atividade da endopedofauna, responsável pela elaboração, manutenção e restauração da estrutura e porosidade do solo.

O sistema radicular geralmente mais profundo das espécies arbóreas permite a exploração das reservas minerais das camadas mais profundas do solo e sua posterior deposição na superfície como restos vegetais aumenta o teor de húmus no solo, incrementando a capacidade de trocas catiônicas e diminuindo as perdas de nutrientes. As raízes também possibilitam uma melhoria da estrutura do solo como resultado do aumento da matéria orgânica, da ação descompactante do sistema radicular e da atividade microbiana associada, permitindo o desenvolvimento de agregados mais estáveis.

Em relação ao pedoclima as árvores abrandam a temperatura superficial do solo pela interceptação da radiação solar, diminuindo a velocidade do vento e atenuando o impacto das gotas de chuva no solo por interceptação pelas copas além da proteção contra a erosão fornecida pela serapilheira e sistema radicular. Além disso, a ação das árvores amenizando as oscilações de

temperatura e os movimentos do ar sob suas copas diminuem as taxas de evaporação e retêm o vapor d'água aumentando a umidade relativa do ar na atmosfera adjacente à superfície do solo (GLIESSMAN, 2002; ALTIERI, 2012; ANDREOTI, 2012).

Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos empregados para a realização do trabalho proposto envolveram uma análise qualitativa e quantitativa nas três formas de uso do solo a partir de parâmetros relacionados ao clima, o solo e a dinâmica da água.

Primeiramente foram obtidos dados climatológicos no sítio do Centro Integrado de Informações Meteorológicas do Instituto Agrônomo de Campinas - CIIAGRO e a partir desse material foram analisadas as normais climatológicas da região para identificar eventuais períodos de estiagem no município em anos recentes a qual incluiu o tratamento estatístico dos dados climáticos a partir da redução dos dados para médias simples de temperaturas mensais e quantidades de dias em que choveu e a confecção de tabelas e gráficos em cada ano no período de 2002 a 2010 e em continuação, foram utilizados os balanços hídricos climatológicos do Brasil elaborados por Sentelhas *et al.* (1999). Pela análise dos BHCs normais do município não ocorrem períodos de deficiência hídrica ao longo do ano e o balanço se torna levemente negativo apenas nos meses de Abril e Agosto, porém sem ocorrer deficiência hídrica.

Para a coleta de dados de temperatura do ar e de pluviosidade da área de estudo foram instalados durante o período do estudo dois pares de sensores eletrônicos de temperatura e umidade relativa do ar de marca Instrutherm, modelo HT-5001 instalados em abrigos de metal e um pluviômetro manual tipo Anísio da Casa Fretin, com diâmetro de 20 cm. Esses equipamentos foram instalados de forma a se aproximar ao máximo das instruções da Organização Meteorológica Mundial – OMM, em local livre em distância igual ou superior a quatro vezes a altura de obstáculos, altura de 1,5 m e área recoberta por grama ou vegetação de pequeno porte.

Para caracterizar a cobertura pedológica foram realizadas topossequências de acordo com os critérios do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS *et al.*, 2005). Os perfis localizados nestas topossequências foram georeferenciados e classificados de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e também foram realizadas análises dos perfis de acordo com a metodologia do Perfil Cultural proposta por Hénin, Gras e Monnier (1976) e adaptada para solos tropicais (TAVARES FILHO, 1999; BLANCANEUX, FREITAS e AMABILE, 1991).

As determinações dos parâmetros físicos dos solos da área foram realizadas no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia/USP, de acordo com a metodologia proposta pelo

Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997) consistindo na determinação da granulometria pelo método da pipeta, capacidade de campo (10 kPa) de amostras indeformadas coletadas através de anéis volumétricos e determinada através do método dos funis de Büchner, a partir das amostras indeformadas foi determinada também a Porosidade Total (P) de acordo com o proposto por Reichardt e Timm (2004). Foram determinadas a umidade atual de amostras de solo coletadas através de tradagens quinzenais na área de estudo e, por fim determinações de Capacidade de Campo (CC) a 30 kPa e Ponto de Murcha Permanente (PMP) a 1500 kPa através de amostras deformadas enviadas ao Laboratório de Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)

Para acompanhar a variação da umidade presente no solo foi realizada durante os meses do estudo a coleta de amostras por meio de tradagens quinzenais em três pontos de cada parcela nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, de interesse em vista das praticas agrícolas presentes na região (olericultura), as amostras coletadas em cada campo eram acondicionadas em sacos plásticos vedados e guardadas em caixa de isopor para minimizar a perda de umidade durante o transporte até o Laboratório de Pedologia da FFLCH onde eram separadas amostras de 50 gramas aproximadamente para sua pesagem úmida e posteriores secagem em estufa a 105o C por 24 horas e pesagem da amostra seca.

Resultados e discussão

As parcelas estudadas situam-se na faixa entre 900 e 940 m de altitude e os topos entres as altitudes 940 e 1000 metros, e a classe de declividade de 12 a 30% ou seja, possuem relevo forte ondulado (PEREIRA, 2004) além do limite máximo do emprego da mecanização na agricultura e dentro do limite para urbanização sem restrições (DE BIASI, 1992), apesar deste relevo e litologia proporem fragilidade potencialmente alta, não se observou na área indícios de processos erosivos lineares.

Por outro lado, a presença de algumas turfás enterradas em bases de vertentes retilíneas indicam formação de colúvios razoavelmente espessos, de aproximadamente 1 metro, que devem ser resultado de processos de erosão laminar. Estudos pedológicos preliminares na região constataram o predomínio da associação de Cambissolos e Neossolos Litólicos, ácidos (pH variando de 3,2 a 5), de textura média (EMBRAPA, 1997), com presença significativa de mica branca em todos os perfis e as cores predominantes entre amarelo e bruno amarelado, indicam baixos teores de Fe e preponderância de goetita.

Agrofloresta

A agrofloresta está situada em uma vertente com declividade de 23% e possui uma área de 0,75ha. Anteriormente à aquisição da fazenda pelo atual proprietário a parcela foi utilizada como pasto porém já não era mais utilizada, a agrofloresta tinha idade de quatro anos à época do estudo, sendo preparada por aração e gradagem, aplicação de calcário e adubação verde (feijão de porco, abóbora, mandioca, milho, girassol, guandu).

Desde então vinha sendo manejada através de roçada e capina com a deposição dos restos no local para aumento da biomassa e proteção da superfície do solo. Estavam presentes culturas consorciadas de abacaxi, café, boldo, cítricos, banana, amora e outras espécies arbóreas e arbustivas, plantadas em linhas equidistantes de 15 metros e espaçamento de cerca de 2 metros entre as espécies arbóreas. Não estava prevista a comercialização de uma eventual produção por se tratar de parcela experimental, somente consumo interno da fazenda.

Mata

A área de mata compreende um trecho de mata secundária (Floresta Pluvial Tropical Atlântica) com uma área de 4ha e com sua vegetação em processo de regeneração, apesar de não existir histórico de utilização da área no seu interior foram constatados antigos indícios de exploração de madeira para extração de carvão (restos de fornos), segundo o proprietário esse tipo de exploração ocorreu na região até a década de 1980. Atualmente a mata é cruzada por trilhas utilizadas para caminhadas e observações relacionadas às atividades comerciais da fazenda (turismo ecológico e educação ambiental).

Durante a realização dos trabalhos o proprietário iniciou o plantio aleatório de palmito Jussara (*Euterpe Edulis*) no interior da parcela através do replantio de mudas produzidas no viveiro da fazenda e também sementes sendo que ao final do trabalho se podia encontrar plantas da espécie com cerca de 30 centímetros ou mais. A parcela está situada em uma vertente com declividade de 23% e possui serapilheira com espessura média de 10 cm constituída por um emaranhado de raízes secas e folhas.

Pasto

A parcela está situada numa vertente com declividade de 26%, com 0,55ha de área e no início dos trabalhos se tratava de um pasto sem uso já desde a aquisição da fazenda pelo atual proprietário (cerca de 5 anos), porém no final do trabalho de pesquisa os proprietários iniciaram trabalhos de reforma deste pasto, com limpeza da área, preparo do solo com aração e gradagem e plantio a lanço de uma mistura de sementes de leguminosas e forrageiras.

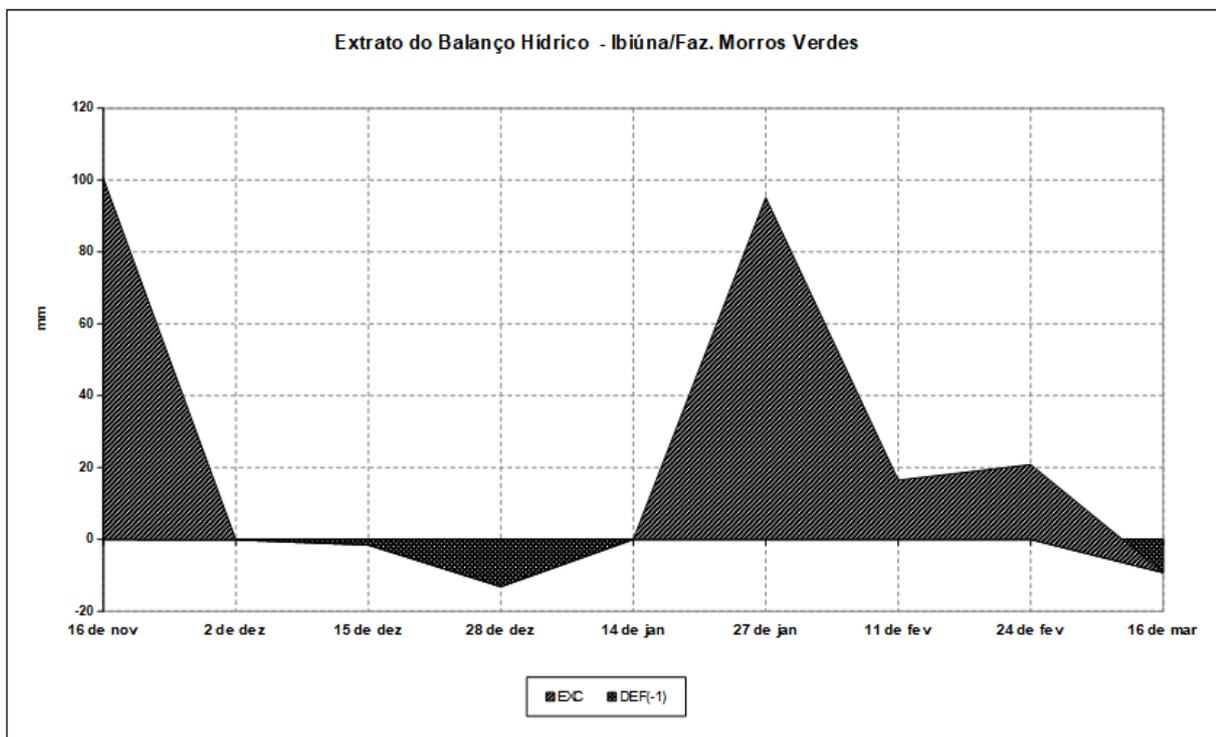
Climatologia

De um modo geral, o período do estudo foi caracterizado por índices pluviométricos inferiores a média histórica no Centro-Sul do país devido a atuação do fenômeno atmosférico “La Niña” atenuado no mês de Janeiro devido a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com os dados obtidos pelos registradores de temperatura e pluviômetro e com a utilização do programa “Bhnorm v5.0” de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) foi elaborado o Balanço Hídrico Seqüencial do período com intervalo quinzenal.

Para o CAD foi determinados o valor de 50mm para contemplar o sistema radicular do porte e tipos de culturas presentes, especialmente as espécies do SAF, composta por cítricos e amoreiras.

A partir dos valores de temperatura e pluviosidade obtidos pelos equipamentos instalados na área foram calculados os BHC durante o período dos trabalhos, conforme se pode constatar pelos resultados obtidos e apresentados nas Figuras 02 e 03, indentificaram-se períodos de retirada e deficiência hídrica no mês de Dezembro de 2011 e na primeira quinzena de Março de 2012.

Figura 02: Extrato do Balanço Hídrico do período – CAD 50mm. Dados: Claudio E. Andreoti



(2012).

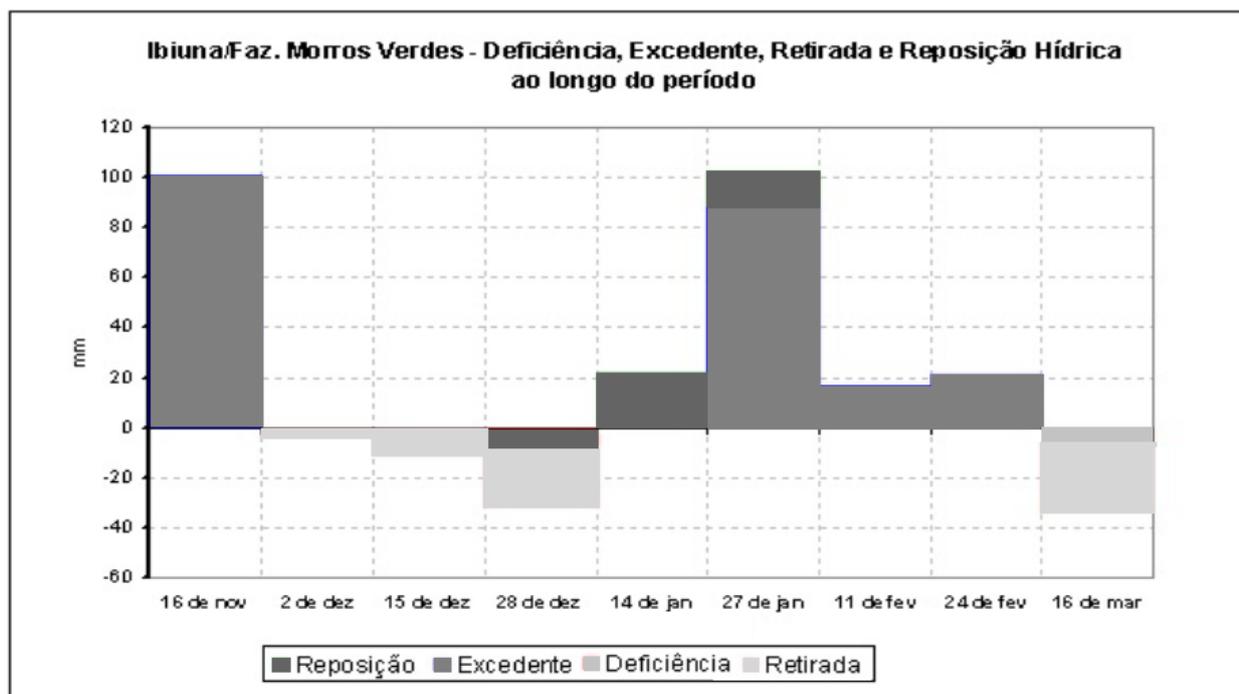


Figura 03: Gráfico de deficiência, excedente, retirada e reposição do período – CAD 50mm. Dados: Andreoti (2012).

Em Dezembro a precipitação total foi de somente 44 mm, uma diferença de precipitação em relação ao normal para o mês de 130mm de chuva (média histórica 175mm), isso se refletiu no período de balanço hídrico calculado, porém com as chuvas do mês seguinte dentro das normais históricas ocorreu a recuperação do estoque de água no solo mas o mês de Fevereiro novamente foi atípico em relação às normais climatológicas (92 mm medidos frente à normal histórica de 180mm) levando a um novo período de deficiência no final do mesmo mês e início de Março, quando se encerrou o acompanhamento da área.

Apesar dos períodos de retirada e de déficit hídrico verificados e considerando o escoamento superficial durante os episódios de chuva o grau de saturação médio se manteve superior à capacidade de campo, o que corrobora as considerações sobre restrições à drenagem nas três parcelas.

Na parcela de SAF o grau de saturação se manteve superior no período o que pode estar relacionado à maior restrição de drenagem deduzida pela morfologia ou melhorias induzidas devido ao padrão vegetativo presente no SAF. O menor nível de umidade presente no solo sob mata pode estar relacionado à maior densidade de vegetação e conseqüente maior consumo de água (taxa de evapotranspiração) em relação às parcelas anteriores.

Potencial edáfico do solo

Os resultados do perfil pedológico e a avaliação do potencial edáfico dos solos das parcelas através da técnica do perfil cultural apontam que a parcela implantado o SAF é recoberta por Cambissolo pouco espesso, de textura média e o desenvolvimento da cobertura vegetal, após quatro anos, pode ser considerado incipiente. Isto se deve em grande parte ao manejo inadequado resultante da baixa densidade de plantio com poucas espécies plantadas escolhidas aleatoriamente. Não se levou em conta suas funcionalidades e o sinergismo que se pretendia estabelecer entre elas

Concorre também para este fraco desenvolvimento, o potencial edáfico restrito da cobertura pedológica, solo pouco espesso, ácido (ph entre 4,5 e 5) e que apresenta restrições à circulação da água, a presença de formigas no horizonte 3 da trincheira localizada na base da vertente pode indicar a persistência de ambiente seco e o gotejamento observado em canais de raízes (trincheira2) mostra que a água encontra resistência a se infiltrar na matriz do solo.

Como as raízes estão concentradas no horizonte superficial, a água tende a se deslocar lateralmente, a cor variegada, indicando hidromorfia no horizonte superficial da trincheira situada à montante corrobora a hipótese de permeabilidade restrita.

Os solos ao longo da vertente do Pasto apresentaram-se bem drenados, com baixa densidade de raízes, considerando a cobertura com gramíneas e o tempo de implantação do pasto (superior a quatro anos). Na segunda trincheira, aberta a meia vertente, observa-se a presença de material orgânico concentrado na camada de 20 a 27cm. Como não foi encontrado material orgânico à montante, trata-se de uma mancha muito restrita e o horizonte subjacente apresenta canais biológicos preenchidos por matéria similar, acredita-se que este horizonte seja fruto do remanejo biológico (provavelmente de formigas) do material turfoso encontrado em subsuperfície à jusante. O pH médio da parcela esta em torno de 5. O material da camada 0-20cm se constituiria em colúvio, assim como o da camada 0-50cm, assentada sobre turfa na trincheira 3.

Em observações realizadas em outras áreas de pasto na fazenda, verificou-se a existencia de camadas adensadas recorrentes em superfície e subsuperfície, relacionadas ao pisoteio de gado ou pé de grade (compactação). No caso da parcela em estudo, o fato desta camada estar sempre recoberta por colúvio, indica processos erosivos atuais e intensos.

Na parcela de Mata observou-se a presença de grãos de areia lavada no horizonte superficial ao longo de toda a vertente, o que pode ser explicado pelo fato de os polímeros de Fe e matéria orgânica de revestimento teriam sido removidos por abrasão durante transporte num processo de erosão hídrica ou que esses polímeros teriam sido desestabilizados nas baixas condições de pH ali verificadas (menores que 3,5) onde a matéria orgânica humificada ácida, com polímeros de cadeias curtas, não seria capaz de envolver os grãos de areia.

A elevada concentração de raízes no contato da serapilheira e o topo do horizonte A, contrastando com a baixa concentração de raízes no horizonte subjacente, sugere restrições ao desenvolvimento das mesmas nesta última camada. A impedância poderia ser tanto física quanto química. Durante a manipulação do material de constituição desta camada, no decorrer da descrição morfológica, se constatou tratar de material bastante friável, o que permitiu eliminar a hipótese de impedância física.

Por outro lado, o pH abaixo de 4,5 poderia indicar impedância química, seja por condicionar a presença de elementos tóxicos como o Mn ou Al na solução em equilíbrio, quanto pela escassez de nutrientes (VELOSO et al, 1995; OLIVEIRA JÚNIOR et al, 2000). Apesar dos resultados da granulometria apontarem para uma mudança textural abrupta em uma das trincheiras da mata, não se constatou qualquer feição indicativa de processo de iluviação e a estrutura apresentava uma organização característica de latossolos.

Dinâmica da água

A Tabela 01 a seguir apresenta os resultados das determinações da Capacidade de Campo e do Ponto de Murcha Permanente das amostras deformadas enviadas ao IAC são apresentados abaixo.

São apresentados também os valores de umidade volumétrica na capacidade de campo determinadas através de funis de Buchner em amostras indeformadas nas profundidades de 5 a 10 cm e de 25 a 30cm coletadas através dos anéis volumétricos.

Tabela 01: Valores médios de porosidade, densidade, capacidade de campo (CC) em amostras indeformadas e ponto de murcha permanente (PMP) em amostras deformadas, das parcelas.

Dados: Claudio E. Andreoti (2012).

	Profundidade cm	Densidade g/cm³	Porosidade %	CC (0,01MPa) Θ %	PMP Θ%
<i>SAF</i>	5 a 10	1,10	58,50	25	21
	20 a 25	1,13	57,30	24	21
Mata	5 a 10	0,88	66,80	28	22
	20 a 25	0,99	62,60	26	22
Pasto	5 a 10	1,10	58,50	30	20
	20 a 25	1,14	56,70	28	20

Esses valores são comparáveis aos encontrados em latossolos bem estruturados e confirmam a percepção de campo sobre a não existência de uma impedância mecânica nos solos da área, apesar dos indícios do pisoteio de gado na parcela de pasto.

Os níveis de saturação em água verificados na camada de 0 a 20 do pasto provavelmente estão associados a processo de circulação lateral de subsuperfície condicionada por camada adensada observada na camada entre 20 a 27 cm de profundidade que provavelmente também condicionou os valores de saturação mais baixos na camada subjacente. Apesar disto não foram encontrados indícios de escoamento lateral de subsuperfície associados a presença desta camada adensada.

As características da drenagem derivadas da estrutura incipiente do solo no SAF se refletiram em um comportamento inverso ao verificado no pasto, com menores valores de saturação na primeira camada e maiores na camada de 20 a 40cm, limite da profundidade do solo desta parcela, o que pode ser explicado pela restrição à drenagem mais profunda, conforme constatado nos perfis culturais.

A parcela de mata apresentou os menores índices de saturação no período do estudo, refletindo o maior consumo de água pela vegetação frente ao solo exposto do pasto ou à incipiente cobertura vegetal do SAF.

De um modo geral se pode dizer que os níveis de saturação de umidade verificados em todo o período permaneceram relativamente elevados inclusive no intervalo de dezembro/2011 a janeiro/2012 quando foi constatado déficit hídrico, refletindo as restrições à drenagem decorrentes da estrutura incipiente dos solos.

A geometria dos espaços vazios é que vai definir os caminhos da água através do solo. Mesmo apresentando porosidade elevada, a estrutura incipiente verificada nestes solos, não propõe continuidade poral que facilite a infiltração.

A Figura 04 abaixo representa a relação entre a capacidade de campo das amostras indeformadas e o grau de saturação médio verificado nas parcelas.

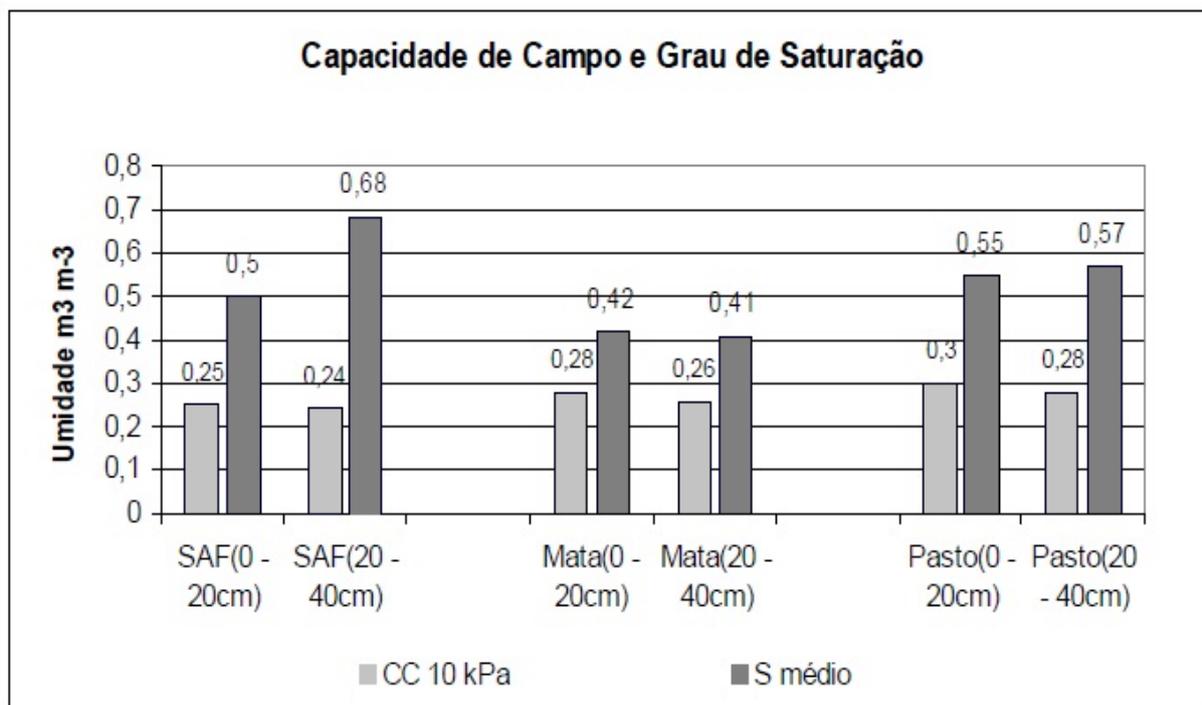


Figura 04: Relação entre a capacidade de campo (CC) e o grau de saturação médio (S). Dados: Claudio E. Andreoti (2012).

Apesar dos períodos de retirada e de déficit hídrico verificados e considerando o escoamento superficial durante os episódios de chuva o grau de saturação médio se manteve superior à capacidade de campo, o que corrobora as considerações sobre restrições à drenagem nas três parcelas.

Na parcela de SAF o grau de saturação se manteve superior no período o que pode estar relacionado à maior restrição de drenagem deduzida pela morfologia ou melhorias induzidas devido ao padrão vegetativo presente no SAF. O menor nível de umidade presente no solo sob mata pode estar relacionado à maior densidade de vegetação e conseqüente maior consumo de água (taxa de evapotranspiração) em relação às parcelas anteriores.

Considerações Finais

Se pode constatar a partir dos resultados apresentados que, decorridos quatro anos desde a implantação do SAF, a estrutura do solo, expressa pela densidade e porosidade, permanece equivalente a verificada no solo sob pastagem. Isto se deve à baixa densidade de plantio, pouca diversidade de espécies, comprometendo o sinergismo entre elas, mas, sobretudo ao restrito potencial edáfico do solo: ácido (pH médio de 4,5), pouco espesso e com estrutura incipiente.

A análise do perfil cultural permitiu constatar mesmo na área de mata, com serapilheira de cerca de 10cm de espessura, a pouca acumulação de matéria orgânica inferida pela cor no horizonte superficial (A moderado), ausência de minhocas e baixa densidade de raízes no horizonte B.

Como não foram detectadas diferenças significativas nos valores de densidade do solo entre o SAF e o Pasto, provavelmente a diferença no armazenamento da água tenha sido determinada pelo padrão vegetativo que intermedia as interações solo-atmosfera: rugosidade que influi na intensidade dos fluxos superficiais e condiciona a infiltração e evapotranspiração.

O solo sob SAF, da mesma forma que o sob Mata Nativa e do Pasto, manteve grau de saturação em umidade superior à Capacidade de Campo mesmo no período de ocorrência de déficit hídrico, o que denota drenagem deficiente nas três áreas. Nessa condição pode-se considerar que o pedoclima da área estudada de acordo com a oitava aproximação - Soil Service Staff (WAMBEKE, 1991) pode ser classificado como PERIUDIC (solo seco menos de 90 dias/ano e $ET < PP$ em alguns períodos do ano) mesmo com as ocorrências de déficit hídrico verificadas no período de acompanhamento.

A presença de colúvio na baixa vertente da área de pasto verificada através do perfil cultural e de grande proporção de areia lavada nos horizontes superficiais da parcela de mata são indicativos de processo erosivo de natureza laminar que estaria associado ao escoamento dos excedentes hídricos em superfície.

Ou seja, a vegetação nativa não concorre efetivamente para a preservação da cobertura pedológica – não acumula matéria orgânica, não propõe condições para o desenvolvimento de uma endopedofauna que pudesse efetivamente contribuir para a melhoria do solo e não o protege da erosão.

Não se trata, pois, de promover a restauração da cobertura pedológica através de implantação de um sistema agroflorestal. Trata-se de, através do manejo deste SAF, condicionar o potencial edáfico destes solos, melhorando sua estrutura e constituição.

O aumento na densidade de plantio e na diversidade de espécies deve se pautar em uma composição fito-sociológica que otimize a alelopatia e o sinergismo entre seus componentes, a endopedofauna e os microorganismos do solo.

Há que se considerar que o pH destes solos, de valor médio 3,5, será restritivo, tanto à maioria das espécies vegetais, aos microorganismos a elas associados como micorrizas e rizóbios, ao estabelecimento de minhocas, quanto a atividade dos consórcios de microorganismos responsáveis pela humificação-mineralização da matéria orgânica.

A correção do pH poderia se dar pela adição de compostos orgânicos porém seria necessário um grande volume de matéria com freqüente reposição para compensar a mineralização, além da

utilização de espessa camada de cobertura morta, para controlar a temperatura na superfície do solo e reduzir as taxas de mineralização. A acumulação de matéria orgânica humificada, dada suas propriedades anfóteras, poderá a longo prazo induzir a neutralização da acidez.

A produção de todo este material orgânico demandaria uma área significativamente maior do que a que se está tentando melhorar através do SAF ou numa mudança substancial no sistema produtivo da fazenda, de forma a poder contar com dejetos animais e restos vegetais, para compostagem.

A alternativa seria a realização de calagem, condenada por uma parcela dos ambientalistas, por liberar grande quantidade de CO₂ para a atmosfera, o que de fato é significativo para monoculturas anuais.

Deve-se considerar entretanto que no caso do SAF a calagem seria feita somente quando da implantação e que a partir de um certo estágio de seu desenvolvimento, o sequestro de carbono propiciado será consideravelmente maior e duradouro.

Por outro lado, os resultados evidenciam as diferenças marcantes entre o regime hídrico atmosférico e o pedoclima. Os dois períodos de déficit hídrico registrados durante o experimento, não se refletiram em reduções sensíveis no armazenamento de água pelo solo.

Pode-se afirmar de acordo com o que foi constatado neste trabalho, que o pedoclima da área é fortemente condicionado pela morfologia do solo e pelo seu relevo.

As interações entre o solo, planta e atmosfera são extremamente complexas e o estudo integrado entre o clima atmosférico, o pedoclima e a morfologia do solo podem fornecer importantes subsídios para a compreensão dos mecanismos envolvidos e ferramentas para as tomadas de decisão no que concerne às formas de manejo.

Referências

ALTIERI, M. *Agroecologia : bases científicas para uma agricultura sustentável*. 3^a Revis. ed. Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA, 2012.

ANDREOTTI, C. E. *"Estudo da influencia das características climatológicas e pedológicas na disponibilidade de água para culturas em sistemas agroecológicos"*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física. São Paulo, DG/FFLCH/USP, 2012. 121p.

BLANCANEUX, P., FREITA, P., AMABILE, R. F. "Sistematização e adaptação da metodologia para a caracterização do Perfil Cultural". *Reunião técnica sobre a metodologia do Perfil Cultural*, p. 1–32, 1991. Londrina, PR.

CONTI, J. B. Geografia e Climatologia. *Geosp – Espaço e Tempo*, São Paulo, n.9, p. 91-95, 2001.

DE BIASI. "A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção". *Revista do departamento de Geografia da USP*, n.6, FFLCH, 1992. p.45-60.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, CNPS – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, 1997. 2ª ed. rev. atual. 212p.

_____ - *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

GLIESMAN, S. R. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. 1º ed. Turrialba, Cuesta Rica: CATIE, 2002.

HÉNIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. *Os solos agrícolas*. 1º ed. Rio de Janeiro, 1976. 334p.

LIMA, J. S.; ANDRADE, S. F.; FORTUNA, D. S. Pedologia aplicada à Geografia: desafios e perspectivas na educação básica. *Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO*. v.07, n.01, p.05-20, Rio de Janeiro, 2016.

PEREIRA, L. C. *Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica* / Lauro Charlet Pereira, Francisco Lombardi Neto - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p.- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 43).

REICHARDT, K., TIMM, L.C.: *Solo, Planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri, SP. Manole, 2004. 478p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. “Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial”. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

ROSSI, M. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal. 2017, V.1. 118p. (inclui Mapas)

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C; ANJOS, L.H. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SEABRA, M. *"Vargem Grande: Organização e Transformações de um Setor do Cinturão Verde Paulista"*. Tese de Doutorado em Geografia. São Paulo. IG/FFLCH/USP, 1971. 227p.

SENTELHAS, P. C. et al. *Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil*. Esalq/USP. Piracicaba-SP. 1999. CD-ROM. GHF Ambiental. Disponível em: <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/bdclima/>. Acesso em:03 ago. 2018.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; BALBINO, L. C.; NEVES, C. S. V. J. Método do perfil cultura para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 1, p. 393–399, 1999.

WAMBEKE, V. W. *Soils of the tropics - Properties and Appraisal*. Dept. of soil, crop and atmospheric sciences. Cornell University. Ithaca, N. York. McGraw-Hill, Inc. 1991. 343p.