

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais, ocupando uma superfície territorial de 8.547.403,5 km² e abrigando uma população de 169.799.170 habitantes, de acordo com o censo demográfico de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sua densidade populacional atinge 18,4 habitantes.km⁻², com renda média familiar “per capita” de 1,6 salário mínimo.mês⁻¹. Combinando-se as realidades de contingente populacional e renda média familiar “per capita”, constata-se que o estado do Rio de Janeiro apresenta índices favoráveis, os quais o conduzem à uma realidade de segundo maior mercado consumidor do país, atrás apenas do estado de São Paulo. Tal fato, combinado à pequena extensão territorial, cria um imenso desafio para os agricultores fluminenses: produzir alimentos em quantidade e qualidade suficientes para atender a terceira maior população do país em um estado em que a superfície representa apenas 0,51% de todo território nacional. Se por um lado as possibilidades parecem ilimitadas, por outro, o interesse e a influência por parte de outros estados em disputar esse espaço também são grandes, tornando o mercado agrícola do estado do Rio de Janeiro altamente concorrido e exigindo grande dose de eficiência e competitividade dos agricultores.

Concorrer no mercado agrícola, sobreviver e ser bem sucedido é o grande desafio da agricultura familiar fluminense. Atividades que combinam rentabilidade com pequenas superfícies territoriais, representam aquelas mais apropriadas à agricultura do Estado. De fato, esta situação vem ocorrendo e a ascensão da olericultura e fruticultura, devido à decadência das culturas de grãos e de cana-de-açúcar, foi comprovada nos últimos 15 anos, segundo o Censo Agropecuário de 1995.

Segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado do Rio de Janeiro (EMATER), a situação fundiária do estado é baseada em um significativo número de propriedades com área inferior a 100ha e, aproximadamente, 53% têm área menor que 10ha. Deduz-se, assim, que a agricultura fluminense baseia-se nas pequenas e médias propriedades agrícolas, tendo a força do trabalho familiar extrema relevância neste contexto. Associado a isso e à decadência dos sistemas de monocultivos, os quais contribuíram para a degradação ambiental e flagelo social, especialmente nas regiões norte e noroeste fluminense, expressivas áreas abandonadas estão sendo reincorporadas à agricultura com a utilização da olericultura e fruticultura irrigada. Este fato tem evidenciado o potencial agrícola do Estado, além de permitir um aumento da renda de pequenos e médios agricultores. No entanto, torna-se essencial o planejamento das atividades agrícolas nessas áreas a fim de contribuir para a fixação das famílias rurais dentro de suas propriedades. Essa compreensão envolve principalmente, o conhecimento da dinâmica da água na produção agrícola, a técnica da irrigação, e a utilização de informações geográficas no planejamento do uso das terras, como forma de minimizar o êxodo rural, principalmente nas chamadas áreas marginais do estado.

O tratamento de informações geográficas espaciais é hoje um requisito necessário para controlar e ordenar a ocupação das unidades físicas do meio ambiente, tão pressionadas por decisões que invariavelmente se contrapõem a uma lógica racional de seu uso. Para acompanhar o ritmo veloz e a complexidade dessa ocupação e utilização do solo, é preciso dispor de técnicas que provêem referências espaciais da ordenação dessa ocupação, passíveis de tratamentos automatizados. De acordo com ASSAD e SANO (1998), os sistemas de informações geográficas (SIG) manipulam dados de diversas fontes e formatos, dentro de um ambiente computacional ágil e capaz de integrar as informações espaciais temáticas e gerar novos dados derivados dos originais.

O uso de informações geográficas na agricultura tem-se mostrado uma ferramenta importante no planejamento de atividades, sendo possível através dessa metodologia criar de forma prática, rápida e menos onerosa, bancos de dados e documentos cartográficos como mapas temáticos com as mais diversas informações que servirão de bases para um bom planejamento de uma atividade, como por exemplo, o planejamento de áreas irrigadas.

Assim, o presente estudo teve como objetivo testar a hipótese de que o sistema de informação geográfica pode ser utilizado de maneira eficiente na indicação de áreas mais aptas para a implantação de culturas irrigadas, baseando-se em características econômicas e agro-edafo-climáticas de duas áreas de assentamentos rurais, no norte do estado do Rio de Janeiro. Além disso, o presente trabalho objetivou-se gerar informações que auxiliassem os técnicos, extensionistas e produtores rurais no planejamento da agricultura em áreas irrigadas, utilizando-se técnicas de geoprocessamento.

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da água na agricultura

A água é uma das mais importantes substâncias da face da terra e é essencial para a existência da vida no planeta. A distribuição dos vegetais na superfície terrestre depende mais da disponibilidade de água que de qualquer outro fator ambiental. Em áreas com grande disponibilidade de água, como nas florestas tropicais, encontra-se a maior diversidade biológica, e em áreas de baixa precipitação, como no deserto Sahara, tem-se a menor proliferação de vida (KRAMER e BOYER, 1995). Além disso, a água possui uma importância fisiológica essencial e desempenha importantes atividades nas plantas, tais como: constituinte, solvente, reagente, além de ser a responsável por manter a turgescência celular.

Sob o ponto de vista quantitativo, as plantas se comportam de maneira diferenciada com relação à quantidade mínima requerida de água, abaixo da qual a sobrevivência delas é ameaçada (MANNOCCHI e MECARELLI, 1994). Entretanto, em condições naturais, a baixa disponibilidade de água às plantas tem-se tornado um fator restritivo ao desenvolvimento de diversas regiões em decorrência da variabilidade pluvial que proporciona grande variação na produtividade das culturas, contribuindo, assim, para uma instabilidade da produção agrícola (BRASIL et al., 1988).

O consumo de água pelas plantas refere-se a água perdida pela superfície de suas folhas somado à água retida nos tecidos vegetais, sendo que, a água consumida nas atividades metabólicas da planta corresponde a apenas cerca de 1% da sua evapotranspiração (ROSENBERG et al., 1983; MATZENAUER et al., 1992). Toda a água necessária para suprir as necessidades fisiológicas da planta é obtida através do seu sistema radicular. Assim a água evapotranspirada deve ser totalmente reposta ao solo de forma a não comprometer o rendimento da cultura (MAROUELLI, 1983).

O conteúdo hídrico da planta é resultado do balanço das taxas de absorção e de perda de água por transpiração. O primeiro processo está fora de controle instantâneo, sendo dependente do sistema radicular da planta e de características físicas e do suprimento hídrico do solo. O segundo processo, controle da transpiração, pode ser feito em um tempo de 10^2 a 10^4 segundos e em maior ou menor escala, dependendo do vegetal (PUGNAIRE et al., 1994).

A transpiração é proporcional ao déficit de pressão de vapor de água na atmosfera. O controle da transpiração é feito pelo fechamento estomático, que é o único processo no continuum solo-planta-atmosfera que possui essa resposta instantânea. Porém, como tal controle está diretamente associado ao suprimento de CO_2 à folha, a condutância estomática deve variar ao longo do tempo de forma a haver um mínimo de perdas de água para uma máxima assimilação de CO_2 (KRAMER e BOYER, 1995).

A absorção contínua de água é essencial ao crescimento e desenvolvimento vegetal, pois a maioria das plantas em clima tropical chega a perder, em apenas um dia, mais do que seu próprio peso em água, em certas condições. Somente algumas plantas xeromórficas, como os cactus, com baixa transpiração e alta capacidade de armazenamento de água, podem sobreviver sem imediata reposição da água perdida (OSMOND et al., 1982). Portanto, a escolha de espécies mais adaptada às condições locais, que consigam fazer boa absorção e uso de água, têm uma importância essencial em climas tropicais.

Segundo MAROUELLI et al. (1996), as hortaliças de maneira geral, tem seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições de umidade ambiental. São espécies vegetais geralmente de ciclo curto, apresentando pequena margem de erro em

seu manejo com relação ao suprimento de água e nutrientes. A deficiência de água no solo é, normalmente, o fator mais limitante para a obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, sendo o seu excesso também prejudicial. Assim, a reposição de água ao solo por meio da irrigação, na quantidade adequada e no momento oportuno, é decisiva para o sucesso de produção de hortaliças.

2.1.1 Agricultura irrigada

O uso da irrigação no mundo expandiu-se muito a partir dos anos 50, com 95 milhões de hectares, até a década de 80, com mais de 250 milhões de hectares. Atualmente, as terras irrigadas representam aproximadamente 18% das terras cultivadas e são responsáveis pela produção de mais de um terço dos alimentos no mundo. Em países em desenvolvimento, apesar do alto custo da energia para o sistema, a expansão de áreas irrigadas continua aumentando à taxas de 2% ao ano, sobretudo devido às inovações tecnológicas, como a aplicação de água e nutrientes sob alta frequência e baixo volume, determinação da necessidade da cultura em função dos estádios de desenvolvimento da planta e fatores ambientais locais e utilização de sistemas permanentes de distribuição de água mais baratos e duráveis. Isto ocorre pelo fato da escassez de água ser considerada a maior limitação para o aumento de produtividade no mundo, não podendo, no entanto, haver desperdícios (HILLEL, 1990).

Na região Sudeste do Brasil a distribuição das chuvas não permite cultivos durante o período de inverno sem o uso da irrigação. Mesmo no verão tem-se observado, em alguns anos, a não coincidência dos períodos chuvosos com os períodos de maior necessidade de água das culturas. Entretanto, esse risco pode ser minimizado com a utilização da irrigação, com a qual o agricultor, além de garantir condições hídricas satisfatórias durante a estação chuvosa, pode também utilizar suas terras em atividade produtiva na época seca do ano. Portanto, a irrigação se apresenta como uma das tecnologias mais eficazes na manutenção e aumento da produtividade das culturas. Associado à importância da água e em razão da variabilidade do regime pluvial em algumas regiões, o que constitui um dos principais fatores limitantes à obtenção de uma agricultura economicamente viável durante todo o ano, o uso da tecnologia da irrigação pode contribuir para o sucesso de um processo produtivo.

Segundo o PRONI (Programa Nacional de Irrigação), (1987), a irrigação é uma prática agrícola com uso intensivo de tecnologia, que coloca o recurso produtivo água sob controle do agricultor, eliminando riscos de perdas ocasionadas por estiagens e secas. Ao mesmo tempo, permite maior produtividade pelo uso mais eficientes de insumos, como máquinas, equipamentos, fertilizantes, defensivos, sementes melhoradas, energia elétrica e mão-de-obra. De acordo com BERNARDO (1992), a irrigação tem como principal objetivo suprir as necessidades de água das plantas, possibilitando aumento expressivo da produtividade, aumento da demanda de mão-de-obra com a fixação do homem no meio rural, diminuição do risco de investimento em virtude do uso de uma agricultura com nível tecnológico mais elevado, além de permitir maior eficiência no uso de fertilizantes e tornar possível a introdução de culturas de maior valor econômico. BERNARDO (1995) comenta que, a escolha do método de irrigação a ser usado em cada área deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto e nos seus benefícios sociais. Em geral, os sistemas de irrigação por superfície são os de menor custo por unidade de área, os de aspersão de custo médio e os localizados de maior custo.

Nos métodos de irrigação pressurizados, a água é conduzida em tubulações sob pressão até o ponto de aplicação. Estão incluídos nesta categoria, os sistemas de

irrigação por aspersão, em que a água é aspergida na atmosfera, caindo sobre a superfície do terreno em forma de chuva artificial, e os sistemas de irrigação localizada, em que a água é aplicada diretamente sobre a região radicular, com baixa intensidade e alta frequência (SOARES, 1995).

Segundo KELLER e BLIESNER (1990), o sistema de aspersão foi desenvolvido no início do século XX. Por volta de 1950, com o desenvolvimento de melhores aspersores e dos tubos de alumínio, associado a uma maior eficiência do sistema de bombeamento, os custos foram reduzidos promovendo uma rápida expansão deste sistema de irrigação.

Os sistemas de irrigação por aspersão normalmente apresentam maiores valores de eficiência de aplicação, quando comparados com os sistemas por superfície. FERREIRA (1993), avaliando alguns sistemas de irrigação por aspersão no projeto Jaíba, encontrou, desconsiderando perdas por vazamento, valores médios de eficiência de irrigação de 59,4 a 76,2% e 54,9 a 70,6, para áreas adequadamente irrigadas de 80 e 90%, respectivamente. Considerando todos os testes realizados, as perdas por evaporação e deriva variaram de 10,5 a 40,1%.

A irrigação localizada expressa, em princípio, o conjunto de métodos que levam ao umedecimento de uma parte do solo, onde estão localizadas as raízes. De acordo com VERMEIREN e JOBLING (1997), a irrigação localizada sob pressão foi utilizada pela primeira vez na Inglaterra no final da década de 1940 e em Israel, no final da década de 1950. Entretanto, sua importância comercial se deu na década de 1960, em função do aparecimento de tubos em material plástico relativamente baratos.

O sistema localizado pode ser considerado uma alternativa prática aos métodos tradicionais de irrigação por superfície e de irrigação por aspersão e, se bem projetado e conduzido, constitui o método mais eficiente de distribuição e aplicação de água às plantas.

2.1.2 Planejamento da irrigação

A água útil às plantas, por ser um bem finito, tem sua utilização cada vez mais comprometida. A irrigação, sendo uma atividade que demanda uma quantidade de água considerável, quando bem planejada, pode contribuir, principalmente, para minimizar o fornecimento de água para as plantas. Portanto, o planejamento da irrigação é essencial para um eficiente cultivo irrigado.

Muitos estudos tem sido desenvolvidos objetivando o planejamento da irrigação. São exemplos, os trabalhos de SIFUMA e GICHUKI (2000) que realizaram estudos sobre planejamento da irrigação em sistemas agrícolas e concluíram que, existe uma complexa interação de fatores (climáticos, requerimento hídrico e preferência dos produtores) afetando a seleção de um sistema produtivo e também que um bom planejamento do calendário agrícola pode reduzir o requerimento de água e maximizar os benefícios do projeto de irrigação.

As principais técnicas para estimar o requerimento de água pelas plantas são baseadas em dados climáticos. Por isso, torna-se importante a obtenção de dados climáticos regionais confiáveis visando as estimativas mais precisas da evapotranspiração e o melhor aproveitamento das precipitações naturais no dimensionamento de sistemas de irrigação (SEDIYAMA et al., 1996).

A implementação bem sucedida de um programa de irrigação pode elevar, de forma substancial e estável, a produção de alimentos e, ainda, como decorrência do uso mais intensivo de tecnologia, contribuir para a modernização mais rápida do meio rural. Porém, a agricultura não deixa de ser uma atividade que causa certo impacto ao meio

ambiente e que consome considerada quantidade de água, recurso cada dia mais escasso.

No planejamento da irrigação há a necessidade de se desenvolver um projeto, e para sua elaboração existem critérios fundamentados em tecnologias desenvolvidas pela experiência e pelos órgãos de ensino e de pesquisas. Entende-se que o assunto não é difícil, mas como o planejamento nesse tipo de atividade é função das condições climáticas locais, pode-se imaginar a complexidade de cada caso, que permite as mais variadas soluções, em que apenas uma ou duas são as mais indicadas.

Ao se projetar um sistema de irrigação são necessários estudos preliminares que forneçam informações necessárias para uma comprovação da viabilidade técnica e econômica. Tais estudos devem ser compostos de informações gerais sobre a área a ser irrigada, sobre o meio físico (topografia, pedologia, características hidro-físico-químicas, climatologia, disponibilidade hídrica, etc.) e aspectos sócio-econômicos. Portanto, um dos primeiros passos para o dimensionamento de sistemas de irrigação, sejam eles pressurizados ou por superfície, é a coleta de dados de solo, planta, clima e topográficos. Embora essa seja uma tarefa muitas vezes trabalhosa, é fundamental que um planejamento global seja realizado de modo eficiente, tanto pelo fato desses empreendimentos muitas vezes requererem altos investimentos, quanto para minimizar a ocorrência de erros de projeto e insucessos na obtenção do retorno econômico.

No planejamento da irrigação pode-se dizer que, existem dois aspectos distintos: um hidráulico e outro agrônomo, sendo a tomada de água no campo, a ligação entre os dois. O aspecto hidráulico se apoia no desenvolvimento técnico científico das áreas de engenharia civil, hidráulica de aspersão e/ou de sulcos, elétrica e mecânica. O lado agrônomo, por sua vez, se apoia nas áreas de climatologia, solos, fitotecnia, etc. O resultado final desta associação é a própria área irrigada, que normalmente está sob a responsabilidade do irrigante, ao qual, na maioria das vezes, falta conhecimento para interpretar, operar e manejar tecnicamente o sistema de maneira racional.

Com relação as áreas irrigadas em assentamentos rurais do Estado do Rio de Janeiro, área escolhida para realização desse estudo, nota-se uma carência de planejamentos de sistemas de irrigação e de estudos que possam ser utilizados por técnicos, extensionistas e produtores rurais, como base para o planejamento de futuros projetos.

2.2 Breve histórico e aplicação do SIG na agricultura

Historicamente, o método analógico foi o mais comum de representação das informações espaciais, com as primeiras versões aparentemente anteriores ao primeiro alfabeto. O manejo e manipulação de dados espacialmente relacionados usando técnicas computacionais teve início em 1960 e cresceu rapidamente na década de 90. Esse crescimento está relacionado à disponibilidade de computadores com alta velocidade de processamento o que contribuíram para o desenvolvimento da tecnologia do geoprocessamento (PETERSEN et al., 1995).

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (CAMARA e MEDEIROS, 1998). Segundo DANGHESI (2002), um mapa, é uma geoinformação gráfica. Um posicionamento em que se tenha as coordenadas é uma geoinformação cartesiana. Quando se coloca outros atributos nessas informações de localização, fala-se da geoinformação no sentido mais amplo. O geoprocessamento é, portanto, a ferramenta que associa um atributo à uma informação geográfica.

Os instrumentos computacionais do geoprocessamento são chamados de sistemas de informações geográficas (SIG). De acordo com BURROUGH (1990), SIG é um conjunto de ferramentas de coleta, armazenamento, recuperação, transformação e apresentação dos dados do mundo real para um objetivo específico. Esse objetivo específico, de modo geral é o apoio à tomada de decisões.

O tratamento de informações geográficas espaciais é hoje um requisito necessário para controlar e ordenar a ocupação das unidades físicas do meio ambiente, tão pressionadas por decisões que invariavelmente se contrapõem a uma lógica racional de seu uso. Para acompanhar o ritmo veloz e a complexidade dessa ocupação e utilização do solo, é preciso dispor de técnicas que provêem referências espaciais da ordenação dessa ocupação, passíveis de tratamentos automatizados. De acordo com ASSAD e SANO (1998), os SIG manipulam dados de diversas fontes e formatos, dentro de um ambiente computacional ágil e capaz de integrar as informações espaciais temáticas e gerar novos dados derivados dos originais.

Diante de todas as possibilidades dessa ferramenta, e da existência de diversos SIG disponíveis no mercado com diferentes custos e desempenhos, tem-se utilizado atualmente essa tecnologia nos mais diversos setores, com crescimento de 20 a 25% ao ano, (DANGHESI, 2002). No setor agrícola, ASSAD e SANO (1993) já chamavam a atenção para futuras aplicações dos SIG, como sua utilização na fertilidade de solos, mecanização agrícola e produtividade agrícola potencial.

O que se observa atualmente, é que os trabalhos desenvolvidos no setor agrícola, utilizando-se a tecnologia dos SIG alcançaram áreas e setores, que ultrapassaram as previsões feitas por ASSAD e SANO (1993). São exemplos disso, trabalhos desenvolvidos por vários grupos de pesquisa em todo o mundo, como os da Universidade de Davis na Califórnia (USA), que estudaram a aplicação dos SIG no manejo de bacias hidrográficas e no manejo ambiental e o de RODRIGUEZ e LOPEZ (2000), que comprovaram a eficiência do SIG no planejamento de sistemas de irrigação e drenagem em cultivos de arroz irrigado, produzindo mapas temáticos que auxiliaram na modernização dos sistemas de irrigação em Havana – Cuba.

No Brasil, podemos citar diversos trabalhos utilizando os SIG aplicados à agricultura, como os de FARIA et al., (2002) que estudaram a economia de água e energia em projetos de irrigação suplementar no Estado de Minas Gerais, para a cultura do milho (*Zea mays* L.). Os autores observaram, por meio de documentos cartográficos gerados pelo SIG IDRISI, as diferenças entre a demanda de irrigação total e a suplementar e puderam estudar a conveniência de incluir ou não a contribuição das precipitações em um projeto de irrigação. Com esta técnica, também foi possível estimar o custo de não se considerar a precipitação no manejo do projeto.

SILVA et al., (2002) compararam diferentes metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência e sua influência na demanda máxima de irrigação para o milho (*Zea mays* L.) no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se os SIG e verificaram a importância desta ferramenta na produção de documentos cartográficos. CARVALHO (1998a) realizou estudos envolvendo os SIG, na estimativa da demanda máxima de irrigação e da duração do ciclo para a cultura do milho (*Zea mays* L.), na bacia do rio Verde Grande no estado de Minas Gerais e concluíram que a metodologia utilizada permitiu a identificação das informações estudadas em qualquer ponto dentro da bacia, sendo indicada para outras regiões, principalmente aquelas que apresentam baixa disponibilidade de água para irrigação. Utilizando os sistemas de informações geográficas, CARVALHO (2000) estudou a ocorrência do período de veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na mesma região. O autor concluiu que a utilização desta metodologia é indicada principalmente para aquelas

regiões que apresentam baixa disponibilidade de água para irrigação e/ou carência de estações climatológicas.

CEDDIA (2000) comprovou a eficiência da utilização de SIG no estudo de zoneamento agroambiental e indicadores de sustentabilidade como subsídio ao planejamento agrícola do município de Paty do Alferes-RJ. O autor concluiu que o uso de ferramentas de análise de pertinência do SIG ARC/INFO, permitiu o ganho de conhecimento sobre o município, no que diz respeito às inter-relações dos componentes do meio físico e as incongruências entre uso e recomendação de uso do solo.

CARVALHO et al., (2001), utilizaram os sistemas de informações geográficas no estudo de disponibilidade climática no estado do Rio de Janeiro, visando a elaboração de projetos de irrigação e concluíram que utilizando-se os SIG é possível identificar áreas e épocas do ano mais viáveis climaticamente à atividade agrícola.

MARTORANO et al., (1999) utilizaram a ferramenta SIG para propor um zoneamento agroecológico para a região de Ribeirão Preto no estado de São Paulo, por meio do cruzamento de informações de solo, relevo e clima, e observaram a importância da utilização do SIG na integração de mapas temáticos.

Com relação ao uso do SIG no planejamento de assentamentos rurais no Brasil, pode ser citado o trabalho de WEGNER et al., (2001), que utilizaram esta ferramenta no Rio Grande do Sul para avaliar a variação da qualidade de terras em diferentes lotes de assentamentos de reforma agrária. Os autores concluíram que o uso do SIG na avaliação de imóveis rurais proporciona ao usuário uma maior objetividade na definição da qualidade das terras, levando em consideração uma correta utilização de seus recursos naturais. O procedimento para avaliar a capacidade de uso da terra consiste em levantar as características e indicar possibilidades de uso agrícola conforme critérios exigidos pelos cultivos.

Como visto anteriormente, independente do método e das culturas instaladas, um planejamento adequado de áreas irrigadas deve efetivamente estar integrado com as informações de clima, de solo e também com as funções de resposta das culturas em relação à lâmina d'água aplicada, além de recursos de capital, de trabalho e de tecnologia agrícola, mantendo as condições de umidade e nutrientes no solo favoráveis ao bom desempenho da cultura (BOWMAN et al., 1991). Na maioria dos casos, as incertezas em torno dessas informações dificultam as decisões de planejamento e manejo da irrigação. Porém, é possível resolver este problema utilizando-se os SIG, que permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados a respeito da área de interesse. Os SIG tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos.

O uso do SIG na agricultura tem se mostrado uma ferramenta importante no planejamento de atividades agrícolas, sendo possível através dessa ferramenta criar de forma prática, rápida e menos onerosa, bancos de dados e documentos cartográficos como mapas temáticos com as mais diversas informações que servirão de bases para um bom planejamento de um processo produtivo. Utilizando-se o SIG, é possível também identificar áreas e épocas do ano mais viáveis climaticamente às atividades agrícolas, que associadas com informações de solo e cultura, caracterizam e identificam as regiões com melhores potenciais agrícolas. Também é possível, utilizando-se o SIG, gerar dados georreferenciados para a elaboração de projetos de irrigação com o objetivo de diminuir o custo desta tecnologia. Nesta análise, o uso de algumas informações como distância da fonte de água ao local a ser irrigado, características físicas e químicas do solo, declividade da área a ser irrigada e sensibilidade das culturas ao déficit hídrico são essenciais para a elaboração de um projeto adequado de irrigação.

Com a aplicação da técnica apresentada, não se tem conhecimento de nenhum trabalho já realizado visando o planejamento da irrigação em assentamentos rurais no Brasil e mais especificamente no Estado do Rio de Janeiro.

2.3 Reforma agrária e assentamentos rurais

Segundo o Estatuto da Terra (Lei 4504, Art.1º, §1º)¹, considera-se reforma agrária o conjunto de medidas que visam melhor promover a distribuição da terra, mediante modificações no regime de posse e uso, a fim de atender aos princípios de justiça social e o aumento da produtividade. No seu artigo 16, o estatuto comenta que a reforma agrária visa estabelecer um sistema de relações entre o homem, a justiça social, o progresso e o bem estar do trabalhador rural e o desenvolvimento econômico do País, com a gradual extinção do minifúndio e do latifúndio.

Resultados dessa política de reforma agrária, diversos assentamentos rurais tem sido criados em todo Brasil. Segundo o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)¹, de 1995 a outubro de 2001, foram assentadas 542.359 famílias em uma área de aproximadamente 19,8 milhões de ha. No estado do Rio de Janeiro, os impactos regionais dos assentamentos rurais na economia dos municípios são evidentes. Segundo MEDEIROS e LEITE (1999), comerciantes e prefeitos de cidades onde esses assentamentos se inseriram dizem estar muito satisfeitos com a movimentação na economia local gerada por esses novos moradores, pois contribuíram significativamente para a vitalidade econômica do município. Entretanto, apesar de contribuírem para a melhoria da qualidade de vida das famílias envolvidas, o crescimento da produção agrícola nos municípios não é acompanhado de um aumento de renda. Por isso, a pluriatividade tem se tornado cada vez mais freqüente nos assentamentos, justamente pelo fato dos assentados não conseguirem sobreviver única e exclusivamente da terra ou mesmo devido à proximidade desses assentamentos de centros urbanos onde muitos se tornam assalariados. De acordo com ALENTEJANO (1997), atividades como turismo e artesanato são as mais procuradas pela população assentada.

A forte densidade demográfica, a partilha por herança, a presença na unidade familiar de um número de consumidores superior ao de produtores, a valorização das terras pela especulação imobiliária, a carência de políticas públicas voltadas para a agricultura familiar, as dificuldades de comercialização e os baixos preços agrícolas, também contribuem para esse quadro, dificultando cada vez mais a auto sustentabilidade das famílias assentadas.

A problemática da reforma agrária no Brasil e em particular no Estado do Rio de Janeiro é constantemente abordada por sociólogos, economistas, geógrafos, cientistas políticos e por outros profissionais das mais diversas áreas do conhecimento, cada um com seu ponto de vista e sua ideologia própria a respeito dessa questão.

Porém, o enfoque na maioria dos casos começa após o processo de distribuição dos lotes aos assentados ou são estudos que visam levantar o histórico dessas áreas no que diz respeito à origem dos assentados: como se deu a ocupação das áreas, como se organizaram as famílias para sobreviver, quais os impactos desses assentamentos nas cidades mais próximas, quais os fatores que influenciaram desse processo, etc.

Esses aspectos são de suma importância para se entender a problemática e devem ser realizados juntamente com instituições governamentais e organizações não governamentais (ONGs) com objetivo de apontar soluções. Todavia, há deficiência de pesquisas e estudos que, executados em parceria com órgãos públicos que estão

¹ Fonte: www.incra.gov.br. (consulta realizada em janeiro de 2002)

envolvidos com essa questão (INCRA, ITERJ, EMATER, PESAGRO, Universidades, etc) contribuam no planejamento e no estudo de viabilidade econômica desses assentamentos, ou indiquem as melhores formas de produção e utilização agrícola dessas terras, levando-se em conta a disponibilidade de recursos hídricos, tipo de solo, relevo, tipo de cultura e variedades mais adaptadas, clima, etc.

O objetivo final de trabalhos desta natureza, deve estar baseado na execução de um planejamento interdisciplinar que possibilite uma maior probabilidade de sucesso do processo produtivo dentro de cada assentamento, contribuindo assim para a fixação das famílias no campo, aliviando as cidades do excesso de contingente que migra das áreas rurais (minimização do êxodo rural) e conseqüentemente diminuindo a violência nas cidades, um dos principais problemas atuais das grandes metrópoles.

Pelo fato de grande parte das áreas destinadas à reforma agrária no Brasil e especificamente no Estado do Rio de Janeiro constituírem as chamadas áreas marginais, que apresentam baixos níveis de fertilidade do solo, baixa disponibilidade hídrica, relevo desfavorável etc., associado à descapitalização e baixos níveis de escolaridade dos produtores, planejamentos desta natureza poderiam, mesmo nessas condições, garantir a viabilidade da produção, levando ao agricultor informações básicas de o que se deve plantar, baseado na aptidão agrícola das terras, até a melhor forma de escoamento e comercialização da produção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área de estudo

O trabalho foi realizado visando o planejamento da área irrigada nos assentamentos rurais Antônio Farias e Visconde, Localizados nos municípios de Campos dos Goytacazes e Casimiro de Abreu, Estado do Rio de Janeiro. As áreas de estudo se encontram posicionadas entre as coordenadas geográficas 21°00' e 22°00' de latitude Sul e 41°00' e 42°00' de longitude Oeste (Figura 1) e entre as coordenadas 22°30' e 23°00' de latitude Sul e 41°30' e 42°30' de longitude Oeste (Figura 2), respectivamente.

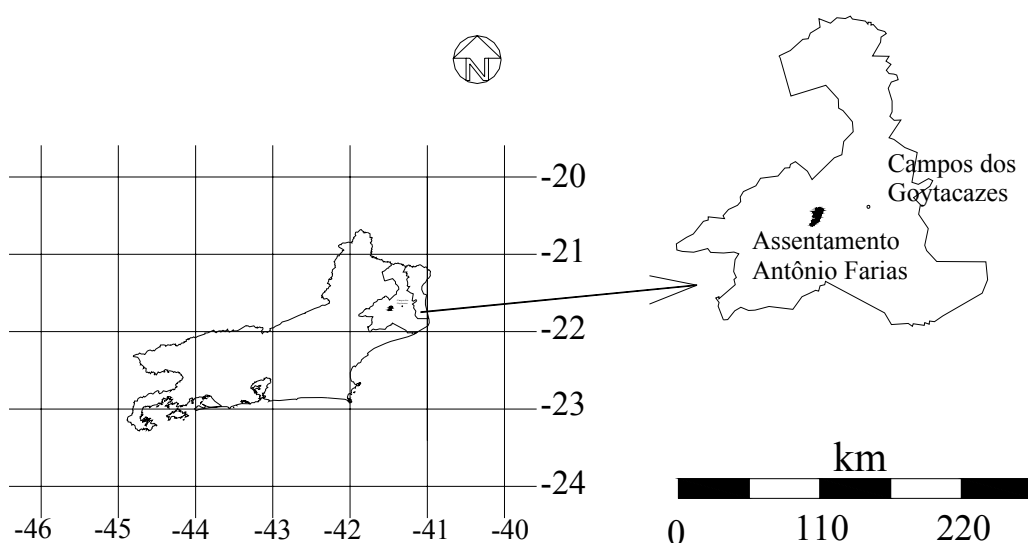


Figura 1. Localização geográfica do assentamento Antonio Farias.

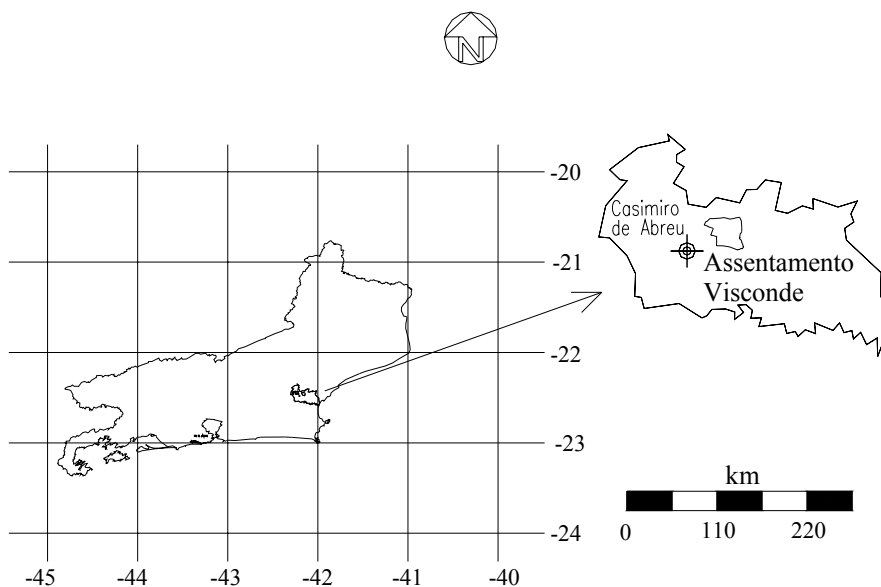


Figura 2. Localização geográfica do assentamento Visconde.

A escolha desses assentamentos teve como referência a utilização de locais distintos sob o ponto de vista climático e de relevo, principalmente. Além disso, a área de cartografia do Departamento de Engenharia da UFRRJ, em convênio com a FAPUR/INCRA, realizou levantamentos planimétricos nestes locais nos anos de 2000 e 2001, facilitando, desta forma, a obtenção da base de dados necessária para a execução do trabalho.

3.2 Características das áreas de estudo

3.2.1 Características do assentamento Antonio Farias

A área encontra-se integrada à região denominada de Baixada dos Goytacazes, no contexto da larga faixa da planície aluvial do baixo vale do rio Paraíba do Sul, que se estende das meias encostas dos extremos da Serra dos Órgãos até o mar, definida basicamente por três unidades geomorfológicas: as planícies, os tabuleiros e as colinas.

Encontra-se às margens do rio Ururaí que é alimentado pelas águas da bacia do rio Imbé, através da Lagoa de Cima, e pelas águas do afluente rio Preto, desaguando ao Sul, na Lagoa Feia, localizada nos limites dos municípios de Campos dos Goytacazes e de Quissamã.

Apresenta grande abundância de recursos hídricos em águas superficiais, compondo a grande planície costeira do Norte Fluminense, de baixa altitude, juntamente com a bacia do baixo vale do rio Paraíba do Sul. Na área são encontrados dois córregos retificados que funcionam como drenos, pois se localizam no centro da parte baixa (Figuras 3 e 4).

A região é caracterizada por três unidades geomorfológicas: as planícies, os tabuleiros e as colinas, com relevo apresentando 50% de sua área com declividade suave ondulado e o restante apresentando-se praticamente plano, com pequenas manchas de declividade superior a 45%, sujeitas à condição de preservação permanente.



Figura 3. Canal do Sossego - córrego retificado que funciona como dreno.



Figura 4. Canal do Pau Funcho - córrego retificado que funciona como dreno.

Toda a superfície da área encontra-se sem cobertura vegetal de expressão, ocorrendo de forma restrita em pequenas ilhas de matas dispersas no terreno, e abrange um total de 35,36 ha. Nas áreas planas e baixas são encontradas espécies de vegetação com características de pasto nativo e capoeira, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5. Visão geral do relevo do Assentamento Antônio Farias.

No assentamento Antonio Farias existem nove núcleos de irrigação, pré estabelecidos pelo instituto de terras e cartografia do estado do Rio de Janeiro ITERJ (Figura 6). O estudo foi realizado para cada núcleo separadamente, sendo considerada como área útil do núcleo aquela referente à soma total de todos os lotes.

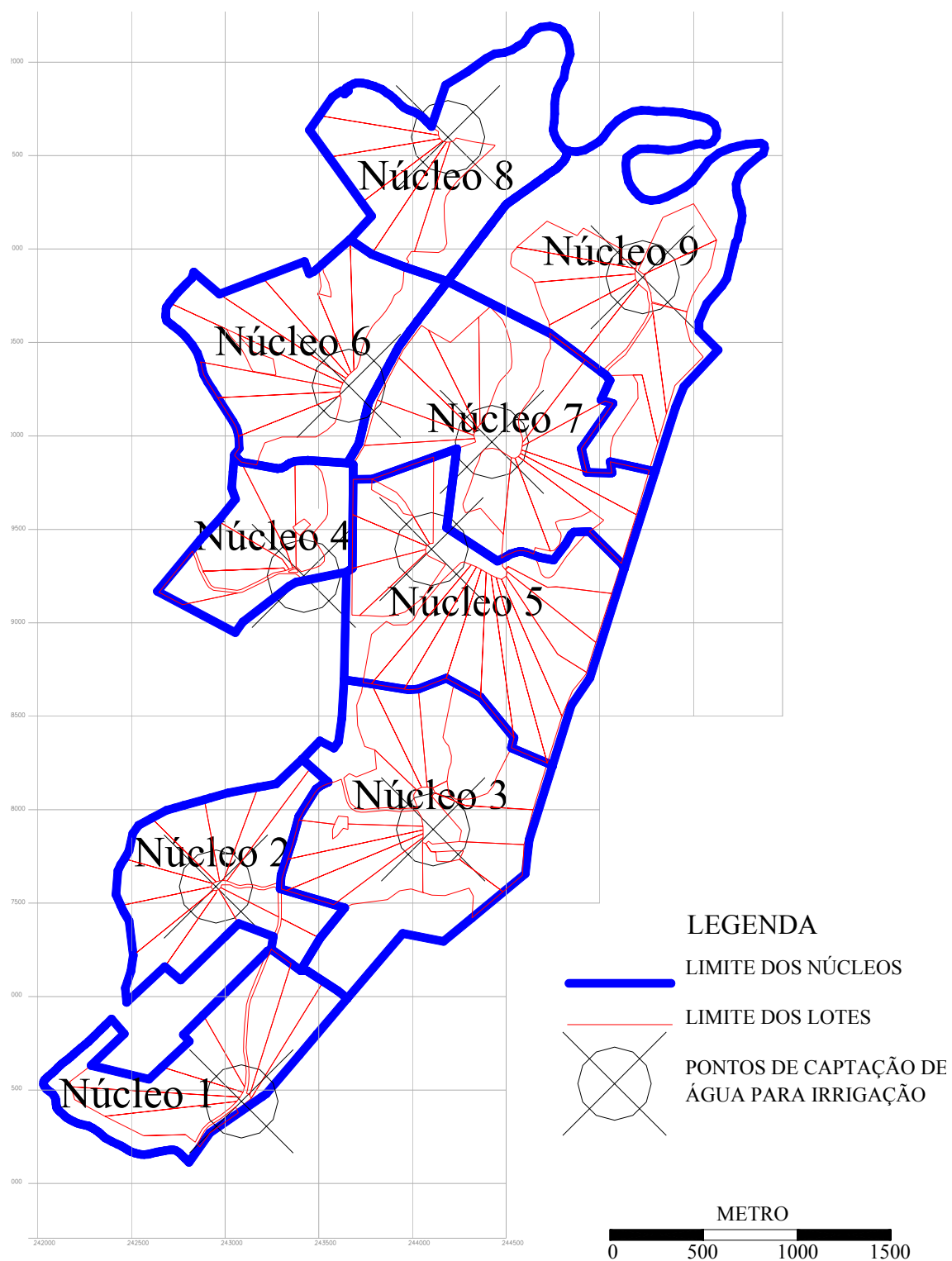


Figura 6. Núcleos do assentamento Antonio Farias e localização dos pontos de captação de água para irrigação.

3.2.2 Características do assentamento Visconde

De acordo com o Plano de Desenvolvimento de Assentamento (PDA), realizado pelo convênio entre a Fundação de Apoio a Pesquisa da Universidade Rural (FAPUR) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), trata-se de um assentamento de reforma agrária organizado pelo INCRA, situado às margens da Br 101 a 6 km da cidade de Casimiro de Abreu, ocupando uma área de 1181,03ha.

Faz parte do ambiente serrano, constituído pelas feições geomorfológicas colinas estruturais, colinas aplainadas e depressões assoreadas.

O embasamento geológico da área é constituído por rochas do tipo gnaiss, o solo predominante nas colinas estruturais das altas encostas são os Cambissolos háplicos Tb (CXbd2), com caracter distrófico e argila de baixa atividade.

O solo das colinas aplainadas são moderadamente profundos de textura argilo-arenosa, correspondente às classes Latossolo vermelho amarelo (LVAd), como dominante, e Cambissolo como componente secundário.

Nas unidade geomorfológica conhecidas como depressões assoreadas, estão presentes os Cambissolos de baixada (CXvd), ambos com caracter distrófico e argila de baixa atividade, ocorrendo com bastante intensidade, representando a maior parte das áreas utilizadas para a agricultura. Ocorrem ainda, com menos frequência, algumas manchas de Argissolo distrófico típico (PVAd) e de Cambissolo háplico tb distrófico léptico (CXbd1).

O risco de erosão dos solos que constituem as colinas é moderado a forte, com ocorrências de sulcos e ravinas, devido principalmente à retirada da cobertura originária e substituição por pastagens mal manejadas, associadas a um gradiente textural que quando localizado em relevo forte ondulado favorece a erosão.

Devido à natureza do manto de intemperismo e do processo de alteração, da sua capacidade de absorver mais ou menos água, ao clima e ao regime pluviométrico, assim como a declividade da encosta, as áreas abrangidas pelas colinas são consideravelmente sujeitas aos processos erosivos e movimentos de massa que podem ser observados, principalmente através de terracetes de pisoteio, sulcos erosivos, ravinas e cicatrizes de escorregamentos. A maioria das feições erosivas são superficiais e rapidamente colonizadas pela vegetação.

O relevo é acidentado com altitudes variando de 20m a 500m favorecendo ainda mais o risco de erosão. As Figuras 7, 8 e 9 apresentam uma visão geral das principais características da área.

As características climáticas como temperatura média, umidade relativa, insolação e precipitação, podem ser observadas no Apêndice A.

No assentamento visconde, atualmente existem 70 famílias de trabalhadores rurais assentadas, onde a principal atividade é a agricultura de subsistência, e os cultivos mais praticados são os de mandioca, milho, banana, maracujá e coco.

Na execução deste trabalho, a área do assentamento Visconde foi dividida em seis núcleos, em função da possibilidade de construção de pequenos reservatórios para a captação de água para irrigação, permitindo gerar informações para cada núcleo, separadamente (Figura 10).



Figura 7. Vista geral do assentamento Visconde mostrando o relevo acidentado.



Figura 8. Colinas estruturais e aplainadas (fundo) e depressões assoreadas ou baixadas (Canto inferior esquerdo).



Figura 9. Área de reserva legal (fundo) e região de cultivo (frente).

3.3 Análise climática

Para o cálculo da lâmina de projeto ou demanda de irrigação, foram utilizados os dados climáticos de uma série histórica de 18 anos, (1961 a 1978), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes às estações mais próximas a cada localidade. Para isso, foram adotadas as estações Macaé (83749), para o assentamento Visconde, e Campos dos Goytacazes (83698), para o assentamento Antonio Farias. Para cada uma dessas estações, os arquivos de dados foram organizados, utilizando o programa computacional DEMANDA, desenvolvido por CARVALHO (1999), foram estimadas as lâminas de precipitação dependente e de evapotranspiração de referência utilizadas no balanço hídrico.

As principais características climáticas observadas a partir de dados do INMET das estações climatológicas de Campos e Macaé podem ser vistas no apêndice A.

3.3.1 Evapotranspiração de referência (ET₀)

As estimativas de ET₀ para as duas localidades utilizadas nesse trabalho, foram estimadas por CARVALHO et al. (2001), utilizando a equação de Penman – Monteith (SMITH, 1991), que pode ser descrita como:

$$ET_0 = ET_{rad} + ET_{aero} \quad (1)$$

em que:

ET₀ = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

ET_{rad} = termo de radiação, mm d⁻¹; e

ET_{aero} = termo aerodinâmico, mm d⁻¹.

Os termos radiação e aerodinâmico foram obtidos por meio das equações:

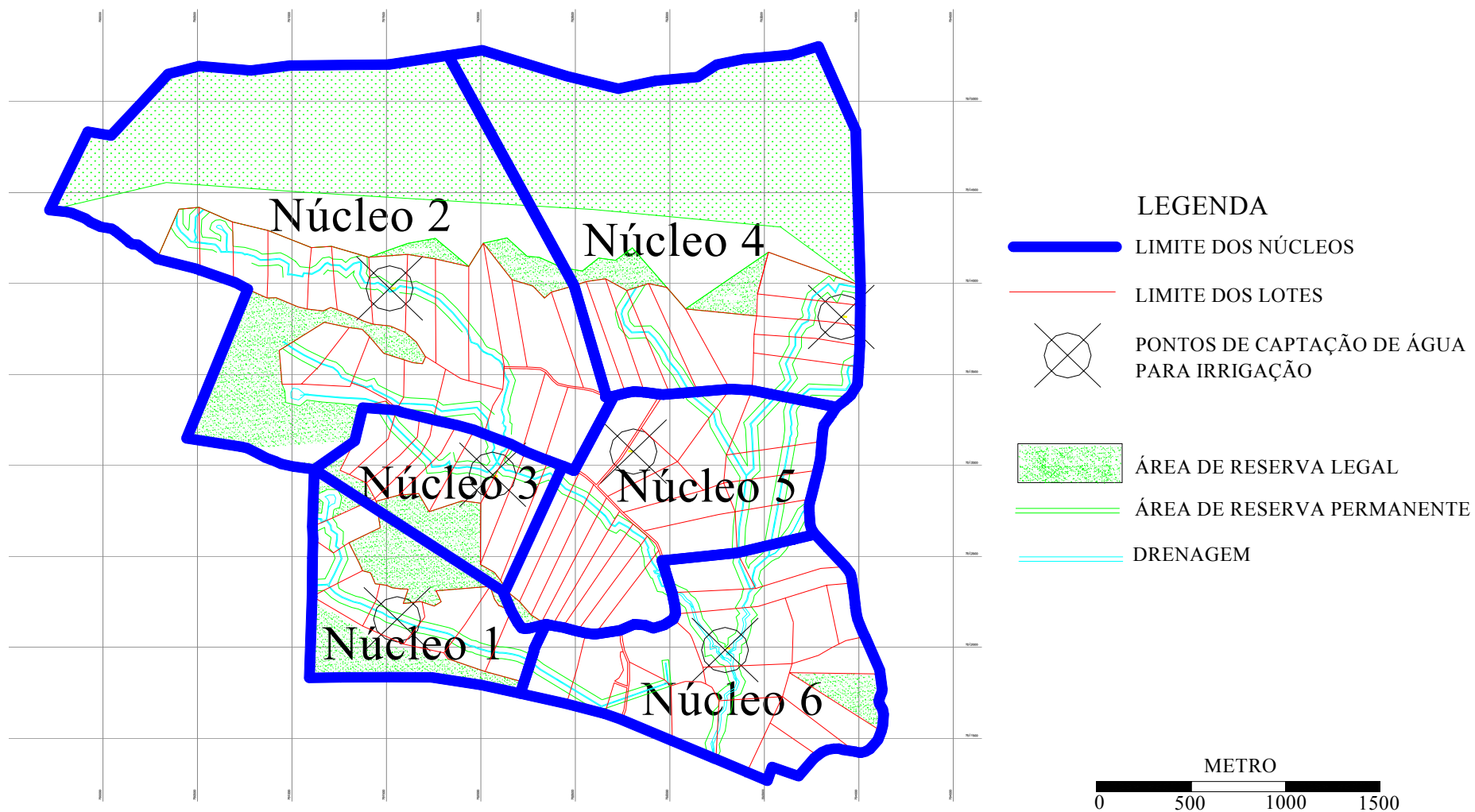


Figura 10. Núcleos do assentamento Visconde e localização dos pontos de captação de água para irrigação.

$$ET_{\text{rad}} = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

$$ET_{\text{aero}} = \frac{\gamma \xi}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 275} u^2 (e_a - e_d) \quad (3)$$

em que:

R_n = saldo de radiação à superfície da cultura, MJ m⁻² d⁻¹;
 G = fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;
 T = temperatura, °C;
 u = velocidade do vento à altura de 2 m, m s⁻¹;
 δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa °C⁻¹;
 λ = calor latente de vaporização, MJ kg⁻¹;
 γ = coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹;
 γ^* = coeficiente psicrométrico modificado, kPa °C⁻¹;
 $(e_a - e_d)$ = déficit de pressão de vapor, kPa; e
 900 = fator de conversão, kJ⁻¹kgK.

Os resultados apresentados por CARVALHO et al., (2001), para as duas regiões estudadas estão apresentadas na Quadro 1.

Quadro 1. Valores de evapotranspiração de referência para as duas áreas estudadas

Estação	Médias Mensais (mm.dia ⁻¹)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Campos dos Goytacazes	5,40	5,30	4,80	3,81	3,13	2,75	2,78	3,40	3,85	4,27	4,74	5,18
Macaé	5,40	4,90	4,36	3,58	2,98	2,64	2,74	3,16	3,63	4,04	4,61	4,97

3.4 Solos

Para o assentamento Antonio Farias foi utilizado o mapa de solos em formato digital, fornecido pelo ITERJ, na escala de 1:15.000.

Para o assentamento Visconde, foi realizado um levantamento detalhado de solo com o objetivo de construir o mapa de solos na escala 1:60.000, conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA, utilizando-se como base a carta do IBGE na escala de 1:50.000. A partir das análises físicas e químicas das amostras coletadas no campo e de visitas na área, foi possível identificar as principais unidades de mapeamento que ocorrem naquela localidade.

3.5 Hidrografia e altimetria

Os mapas de hidrografia e plani-altimétrico do assentamento Antonio Farias foram fornecidos pelo ITERJ e os mapas referentes ao assentamento Visconde foram fornecidos pelo convênio INCRA/UFRRJ. Esses últimos, juntamente com visitas, serviram para identificar as áreas inaptas ao planejamento do ponto de vista da

declividade (acima de 20%) e também para identificar os pontos de captação de água para irrigação. Com as curvas de nível presentes foi possível gerar o modelo digital de elevação do terreno (MDET).

Para o assentamento Antonio Farias os pontos de captação de água para irrigação foram identificados com base no projeto de irrigação elaborado por técnicos da EMATER/RJ e para o assentamento Visconde foram marcados diretamente no campo com uso de GPS.

3.6 Culturas estudadas

O estudo foi desenvolvido para as culturas do coqueiro (*Cocos nucifera*), maracujazeiro (*Passiflora sp.*) e para as olerícolas alface (*Lactuca sativa*) e cenoura (*Daucus carota*), por apresentarem grande potencial para a região. Além disso, a fruticultura irrigada tem recebido importantes subsídios do governo do estado através do projeto FRUTIFICAR, como forma de incentivar esse tipo de atividade agrícola, principalmente entre os pequenos e médios produtores rurais.

3.6.1 Olerícolas

De acordo com FILGUEIRAS (2000), em razão das suas possibilidades de cultivo, em condições de solos com drenagem eficiente e boa fertilidade, foi realizada a simulação do plantio da cultura da alface (*Lactuca sativa*) durante outono-inverno.

Para a cenoura (*Daucus carota*), em função de sua maior adaptabilidade, foi considerado o seu cultivo no período de outono-inverno. Convém ressaltar que as condições climáticas do verão no Estado do Rio de Janeiro são adversas e impróprias para exploração econômica da cenoura e apenas algumas cultivares como a Brasília atingem produção satisfatória no verão (ARAÚJO et al., 1983).

3.6.1.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, pertencente à família das Cichoriaceae (SONNENBERG, 1985 e LISBÃO et al., 1990). Hortalça típica de saladas, considerada como uma planta de propriedades tranqüilizantes e que, devido ao fato de ser consumida crua, conserva todas as suas propriedades nutritivas. Segundo MAROTO-BORREGO (1986) é uma excelente fonte de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B₁, B₂, B₅ e C, além dos minerais Ca, Fe, Mg, P, K e Na, cujos teores variam de acordo com a cultivar.

Preferindo o período do frio, mas não suportando a geada, a alface pode, no entanto, ser plantada durante o ano todo. A cultura é mais problemática no período do verão, quando ocorrem mais intensamente problemas de murchamento e podridão.

A alface é muito exigente em irrigação, fator que influi decisivamente na qualidade e produtividade da cultura. Deve-se manter sempre um bom teor de umidade, sem, no entanto, provocar encharcamento.

Segundo a EMATER-RIO (1998), no município de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, a área plantada com essa cultura no ano de 1997 foi de 17ha e uma produção de 271 toneladas.

3.6.1.2 A cultura da cenoura

Dentre as umbelíferas, a cenoura (*Daucus carota* L.) é a hortaliça de maior importância econômica. É uma das raízes mais consumidas em todo mundo, graças ao seu grande valor dietético. Sua qualidade nutricional está ligada, principalmente, ao elevado teor de caroteno precursor da vitamina A (CHITARRA e CARVALHO, 1984), citado por CARVALHO (1995).

No Brasil as maiores áreas produtoras estão na região sul e sudeste. A cenoura germina em uma faixa de temperatura variável entre 8 e 30°C. Para o desenvolvimento ideal das raízes, a variação de temperatura é de 15 a 21°C. Em condições de temperatura inferior a 15°C as raízes são mais finas e compridas, e acima de 21°C são curtas e grossas.

No que diz respeito as necessidades de água pela cultura, TEODORO et al. (2002), trabalhando com produção de cenoura sob diferentes lâminas de irrigação, pode comprovar um aumento crescente da produção de massa fresca e seca da parte aérea e da produtividade da cenoura com o aumento da lâmina de irrigação

Na Região norte do estado do Rio de Janeiro, segundo a EMATER-RIO (1998), houve um aumento considerável na área cultivada e na produção dessa cultura entre os anos de 1997 e 1998.

3.6.2 Frutícolas

3.6.2.1 A cultura do coqueiro

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma das plantas mais úteis do mundo. Pertence a família *Palmae*, uma das mais importantes famílias da classe monocotyledoneae, que possui mais de 200 gêneros com mais de 200 espécies.

O coqueiro anão, com as variedades verde, vermelha e amarela é de porte baixo, podendo atingir 12m; sendo bastante precoce, iniciando a produção em média, com três anos de idade. Apresenta potencial de produção de 150 a 240 frutos/planta/ano, distribuída durante todo o ano com vida útil de 30 a 40 anos. Os frutos são pequenos com pouca polpa e apresentam água saborosa.

O espaçamento mais recomendado para o plantio de coco é 7,5 x 7,5 x 7,5m em triângulo equilátero (206 plantas/ha) e o tamanho da cova de plantio 0,80 x 0,80 x 0,80m.

Segundo o Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro, (ALMEIDA et al., 1998) a cultura adapta-se em vários tipos de solos, porém, desenvolve-se melhor em solos arenosos ou de textura média.

A irrigação é uma prática indispensável, pois além de favorecer o desenvolvimento, contribui na precocidade da floração e produção de fruto durante o ano inteiro. Tem-se relatado produtividade de 10250 a 20500 frutos/ha/ano para o coqueiro anão em condição de sequeiro, e de 30750 a 61500 frutos/ha/ano no sistema irrigado.

As quantidades de água e nutrientes extraídas pelo coqueiro anão são altas, já que a planta desenvolve-se continuamente, com floração, frutificação e maturação dos frutos simultâneas, demandando, em consequência, irrigações e adubações constantes (OHLER, 1984; IRHO-CIRAD, 1992).

A cultura do coqueiro anão adapta-se a diversos métodos de irrigação, nesse estudo, porém, adotou-se a irrigação localizada por gotejamento, que atualmente é a mais utilizada em grande escala, em razão das vantagens que o próprio método

apresenta, como aumento na eficiência do uso de água e nutrientes, além da maior economia de mão-de-obra, água e energia, pois, molha somente parte da superfície do solo.

No Estado do Rio de Janeiro, a EMATER (1998), relata que entre os anos de 1997 e 1998 apenas no município de Campos dos Goytacazes, houve um aumento da produção do coqueiro passando de 199 toneladas para 834 toneladas. Também relata que a produção do coqueiro para consumo de água in natura pode ser uma excelente alternativa de incremento de renda na pequena propriedade, uma vez que absorve parte da mão-de-obra familiar, produz praticamente o ano inteiro e permite uma boa produtividade numa área relativamente pequena da propriedade.

Percebe-se também que essa cultura vem recebendo incentivos do governo estadual através do projeto FRUTIFICAR, que tem além de outros objetivos, promover o desenvolvimento da agricultura irrigada na região norte do Estado.

3.6.2.2 A cultura do maracujazeiro

Existem cerca de 530 variedades tropicais e subtropicais de maracujá, sendo mais de 150 nativas do Brasil. Nos países da América a principal espécie explorada comercialmente é a *Passiflora edulis* ou maracujá azedo, variedade amarela. O maracujá roxo, mais procurado que a variedade amarela, tem a vantagem de apresentar melhor aroma e ser mais resistente às doenças.

O maracujazeiro requer calor, umidade e dias longos, o que lhe permite nestas condições, produzir o ano todo. Temperaturas médias entre 25° a 27°C, comprimento do dia com pelo menos 11 horas de sol e chuvas de 800 a 1750mm, bem distribuídas, são as condições indicadas para a cultura.

Os espaçamentos mais utilizados no plantio do maracujazeiro são de 3 x 5m (666 plantas/ha) ou 2,5 x 5m (800 plantas/ha). A adubação deve ser baseada nas análises de fertilidade do solo, realizadas pelo órgão credenciado, obedecendo às recomendações técnicas do Estado onde o plantio vai ser realizado. Nesse estudo seguiu-se as recomendações de adubação e calagem do manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro.

O uso da irrigação pode estender o período de produção, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos frutos. A implantação de um sistema de irrigação varia de um local para outro, em função do déficit hídrico, da luminosidade e da temperatura, entre outros fatores.

O gotejamento e a microaspersão são os sistemas de irrigação mais indicados para a cultura do maracujazeiro. A aspersão apresenta a desvantagem de manter alta a umidade nos ramos, favorecendo o surgimento de doenças, dessa forma, nesse estudo a simulação do plantio de maracujá irrigado, foi feito utilizando-se o sistema de irrigação por gotejamento.

Estima-se uma produtividade, em condições de sequeiro, de 8 a 10 t.ha⁻¹ no primeiro ano, 16 a 20t.ha⁻¹ no segundo e 12 a 14t.ha⁻¹ no terceiro ano. Em áreas irrigadas, pode-se chegar a uma produtividade entre 25 a 30t.ha⁻¹.

Conforme dados do IBGE/PAM (2000), o estado do Rio de Janeiro ocupa o sétimo lugar em produção, com uma área plantada de 1.083ha com um rendimento de 116.160 frutos/ha. Dados fornecidos pela EMATER-RIO (1998) mostram que a produção da cultura em Campos dos Goytacazes, caiu de 333 toneladas para 53 toneladas em 1998. Porém, o projeto Frutificar no estado do Rio de Janeiro tem incentivado o plantio dessa cultura, principalmente nas regiões norte e noroeste do Estado e em pequenas propriedades, por entender que o maracujazeiro constitui uma

alternativa de renda para o pequeno produtor, além de fixar o homem no campo pois requer relativa quantidade de mão-de-obra durante o seu ciclo de cultivo.

3.7 Lâmina de irrigação e vazão do projeto

Considerando irrigação total, a lâmina real necessária a ser aplicada por irrigação, em relação à área total foi calculada pela equação:

$$IRN = ET_L \cdot TR \quad (4)$$

em que:

IRN = irrigação real necessária, em mm;

ET_L = evapotranspiração no sistema localizado, em mm dia^{-1} ; e

TR = intervalo entre irrigações (turno de rega), em dias.

Neste trabalho, a estimativa da IRN foi baseada no maior déficit observado ao longo de todo o ciclo de cada cultura.

Como a evapotranspiração normalmente é expressa em termos de lâmina de água evaporada por dia em toda a área irrigada, sendo que em sistemas localizados não se molha toda a área irrigada, há a necessidade de se considerar a percentagem da área molhada, conforme equação abaixo:

$$ET_L = ET_{pc} \cdot \frac{P}{100} \quad (5)$$

em que:

ET_L = evapotranspiração média, na área irrigada por sistema localizado, em mm/dia ; e

P = porcentagem da área molhada, em relação à área total irrigada, na irrigação em faixa contínua, e a percentagem sombreada, na irrigação por cova.

O valor de P para a cultura do coqueiro anão foi de 60% de acordo com <http://www.geocities.com/coqueiro>, e para o maracujazeiro foi de 48%, calculado de acordo com BERNARDO (1995), e para as culturas do alface e cenoura foi adotado um valor de P de 100%.

A ET_{pc} (evapotranspiração potencial da cultura, em mm/dia) foi estimada pela equação:

$$ET_{pc} = ETo \cdot kc \quad (6)$$

em que kc é o coeficiente de cultura.

O Quadro 2 apresenta os maiores valores de kc para as culturas estudadas, segundo DOORENBOS e KASSAM (1994) e PEREIRA e ALLEN (1997):

Quadro 2. Valores de Kc para as culturas estudadas.

Culturas	Kc
Alface	1,05
Cenoura	1,05
Coco	1,00
Maracujá	0,95

Com as lâminas de ETo estimadas utilizando o método de Penman-Monteith (Quadro 1), as ET_{pc} para o assentamento Antonio Farias foram de 5,4 mm.d⁻¹, para as culturas do coqueiro anão e do maracujazeiro, e de 4,0 mm.d⁻¹, para a cenoura e a alface. Para o assentamento Visconde, essas lâminas foram de 5,4 mm.d⁻¹, para as culturas do coqueiro anão e do maracujazeiro, e de 3,75 mm.d⁻¹ para a cenoura e a alface. Esses valores caracterizam-se os períodos de maior demanda evapotranspirométrica ao longo do ciclo de cada cultura.

A irrigação total necessária (ITN), a ser aplicada por irrigação, em relação à área total, é igual à IRN, dividida pela eficiência de aplicação (Ea), ou seja:

$$ITN = \frac{IRN}{Ea}, \text{ em mm.} \quad (7)$$

Por se tratar de sistemas de irrigação localizados, foi considerado o valor de Ea igual a 0,9.

A fim de possibilitar o cálculo da vazão de projeto, foram necessárias as estimativas do tempo de funcionamento por posição (T), para as culturas do coqueiro e do maracujazeiro, conforme equação 8. E para as culturas do alface e da cenoura o tempo de funcionamento por posição foi calculado dividindo-se a ITN pela intensidade de precipitação (Ip) dos microaspersores adotados, conforme equação 9.

$$T = \frac{ITN.A_1}{n.q} \text{ (para irrigação por gotejamento)} \quad (8)$$

em que:

A₁ = área representada por cada árvore;
n = número de emissores, em litro/hora; e
q = vazão do emissor, em litro/hora.

$$T = \frac{ITN}{Ip} \text{ (para irrigação por microaspersão)} \quad (9)$$

Para a realização deste estudo, além dos já citados, foram adotados os seguintes dados:

- TR = 1 dia;
- A = 1 ha (área irrigada/projeto);
- Ip = 3,12 mm
- T = 1,45 horas, para as culturas da alface e cenoura;
- q = 3,0 L h⁻¹, para sistemas com gotejadores; e q = 50 L h⁻¹, para microaspersores (valores médios normalmente utilizados, dentro das faixas de operação dos emissores);

A capacidade do sistema, expressa pela vazão de projeto (Q em Ls⁻¹), foi determinada pela expressão, (BERNARDO, 1995):

$$Q = 2,78 \cdot \frac{A.ET_L.Tr}{N.T.Ea} = 2,78 \cdot \frac{A.ITN}{N.T} \quad (10)$$

em que, N é o número de unidades operacionais em que o sistema é dividido.

3.8 Cálculo da altura manométrica e potência necessária

A altura manométrica de uma instalação elevatória (H_m) é calculada pela expressão:

$$H_m = H_G + ht_{(1-2)} + P \quad (11)$$

sendo:

H_G = altura geométrica da instalação (altura de sucção + altura de recalque), m;

ht = perda de carga total da tubulação, m; e

P = Pressão necessária ao projeto, mca.

Para o cálculo da perda de carga nas tubulações (ht) foi utilizada a fórmula de Hazen-Willians, de uso generalizado na literatura (NEVES, 1979):

$$ht = \frac{10,646.Q^{1,85}}{C^{1,85}.D^{4,87}}.L' \quad (12)$$

em que:

D = diâmetro da tubulação, m;

Q = vazão, $m^3.s^{-1}$

L' = comprimento virtual da tubulação, m; e

C = coeficiente que depende da natureza das paredes e estado de conservação da tubulação.

Na equação 12, o valor do coeficiente C foi considerado 140, que corresponde a condutos de PVC normalmente utilizados para irrigação. Para o cálculo de H_m foi utilizado um diâmetro de tubulação de 50 mm, devido a necessidade de se trabalhar com PN 80, uma vez que os cálculos preliminares mostraram que em alguns pontos, tubulações com PN 40 não suportariam a pressão. Além disso, esse diâmetro é comumente utilizado em pequenos projetos de irrigação. Foi fixado um valor de 10% do comprimento real da tubulação como sendo um valor fictício correspondente à perda de carga localizada. Portanto, com o cálculo da vazão utilizando a equação 9, a estimativa da perda de carga nas tubulações (ht) ficou condicionada à distância do projeto à fonte de água (L).

Desta forma, para cada cultura e assentamento, foi gerado um mapa de altura manométrica, baseado nos mapas de declividade, do qual obteve-se condições de estimar as alturas geométricas das instalações. Com base no mapa de hidrografia foram localizados os pontos de captação de água para irrigação, a partir do qual pode-se estimar a distância de cada ponto da área a ser irrigada à fonte de água correspondente.

Com o cálculo da altura manométrica, a potência do sistema foi estimada pela equação (CARVALHO, 1984):

$$Pot = \frac{\gamma.Q.H_m}{75.\eta} \quad (13)$$

em que,

Pot = potência requerida pela bomba, kW;

γ = peso específico do líquido bombeado (água = $101,94 N.m^{-3}$);

η = rendimento da bombas, decimal.

A potência do motor (P) é a própria potência requerida pelo sistema acrescida de uma folga, a fim de proteger o sistema contra eventuais sobrecargas. Para isso, foram utilizados os valores apresentados por DENÍCULI (1994), ou seja, para motores de até 2 CV a folga é de 50%; se a potência requerida pela bomba estiver entre 2 e 5 CV, a folga deve ser de 30%; entre 5 e 10 CV, a folga é de 20%.

3.9 Custo da tubulação e da moto bomba

O preço adotado para o metro de tubo de PVC 50 mm, PN 80 foi de R\$ 3,00, conforme consulta comercial. Da mesma forma, a Quadro 3 apresenta o custo médio de moto bombas centrífugas encontradas no mercado, em função da potência requerida.

Quadro 3. Custo médio de moto bombas centrífugas em função da potência

POTÊNCIA (CV)	CUSTO* (R\$)
0,25	135,00
0,33	141,00
0,50	155,00
0,75	162,00
1,00	271,00
1,50	340,00
2,00	470,00
3,00	534,00
5,00	1390,00
7,50	1764,00
10,00	1886,00
12,50	2084,00
15,00	2364,00

* Valor de referência US\$ 1.0 = R\$3,689 (03/12/2002)

3.10 Demais critérios adotados

3.10.1 Critérios agronômicos

Para a cultura do coqueiro anão, o plantio foi simulado no início do período chuvoso com espaçamento de 7,5 x 7,5 x 7,5m em triângulo equilátero. Para o maracujazeiro, também foi considerado o plantio no início do período chuvoso, com espaçamento de 3 x 5m, tutorado com espaldeira de um fio. O plantio do alface foi simulado no período de outono-inverno com espaçamento de 0,20m x 0,20m, em canteiros de 1 metro de largura por comprimento variável e o plantio da cenoura foi simulado no mesmo período, plantada a lanço em canteiros de um metro de largura e comprimento variável.

3.10.2 Critérios hidráulicos

Para as frutíferas (coco e maracujá), trabalhou-se com o sistema de irrigação por gotejamento. A pressão necessária ao projeto e a vazão adotada para os gotejadores foi 200 kPa e 0,003 m³.h⁻¹, respectivamente. Foram ainda considerados: 1 unidade operacional, 4 gotejadores por planta para o coqueiro e 2 gotejadores por planta para o

maracujazeiro. Portanto, o tempo de funcionamento calculado pela equação 7, para as duas localidades, foi de 12,65 horas por posição para o coqueiro e de 5,12 horas por posição para o maracujazeiro. A vazão necessária ao projeto (equação 9) foi de 0,79 L.s⁻¹ e 1,48 L.s⁻¹ para o coqueiro e o maracujazeiro, respectivamente. O rendimento adotado para os sistemas de irrigação foi de 90% e da moto bomba de 60%.

Para as olerícolas (cenoura e alface), adotou-se o sistema de irrigação por microaspersão. A pressão de serviço e a vazão adotada para os microaspersores foi de 300 kPa e 0,050 m³.h⁻¹, respectivamente. Foram adotadas 4 unidades operacionais, área da unidade operacional 0,25ha, espaçamento entre microaspersores de 4m, e o tempo de funcionamento calculado pela equação 8, para o assentamento Visconde foi de 1,45 horas por posição e para o assentamento Antonio Farias foi de 1,45 horas por posição. A vazão necessária ao projeto foi 2,18 L.s⁻¹ e de 2,17 L.s⁻¹, respectivamente, para os dois assentamentos.

3.11 Obtenção dos mapas temáticos

3.11.1 Mapas de solos

O mapa de solos do assentamento Antonio Farias em formato vetorial, foi importado pelo SIG IDRISI 3.2. No assentamento Visconde, o mapa confeccionado em formato analógico foi digitalizado em scanner A0 gerando-se uma imagem com extensão TIF, a qual foi importada e vetorizada no software TOPO EVN 5.0, gerando-se o mapa de solos em formato digital com extensão DXF, que foi também importado pelo software IDRISI 32. Ambos os mapas foram convertidos para o formato “raster”, gerando um mapa temático com as respectivas classes de solos, conforme Figuras 11 e 12, respectivamente.

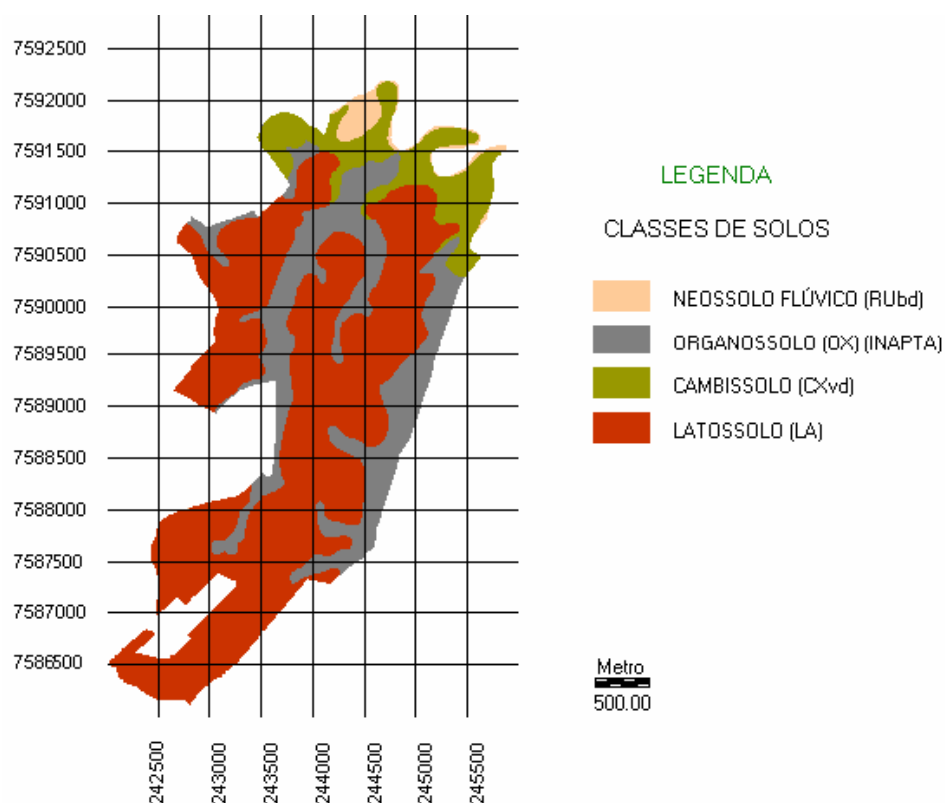


Figura 11. Mapa de solos do assentamento Antonio Farias.

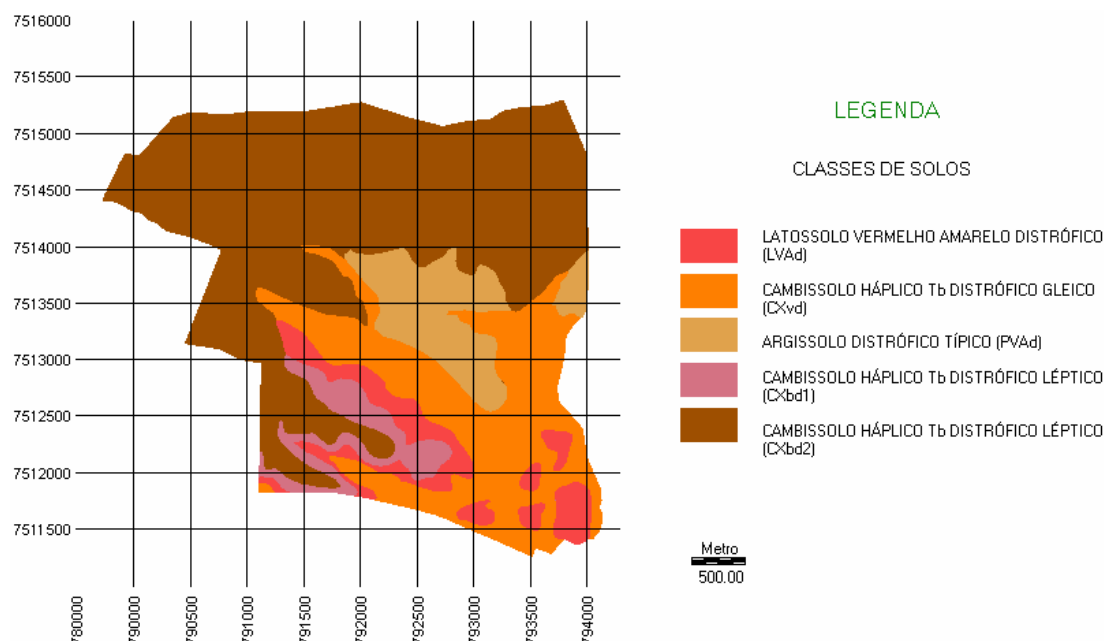


Figura 12. Mapa de solos do assentamento Visconde.

No processo de “rasterização”, transformação do formato vetorial para o matricial, foi utilizada o sistema de projeção UTM (universal transverse mercator), considerando os fusos 24s, para o assentamento Antonio Farias, e 23s para o Visconde. Os mapas foram gerados com uma resolução de 2 x 2m, perfazendo 2500 linhas por 2500 colunas. No software IDRISI 32, este procedimento é realizado, criando-se inicialmente uma imagem de fundo, por meio do módulo INITIAL. Este mesmo procedimento foi utilizado na criação dos mapas de hidrografia e curva de nível, mantendo com isso, a mesma resolução. Em seguida, o módulo POLYRAS foi utilizado a fim de possibilitar efetivamente a criação das mapas de solos (polígonos), ou seja, a transformação entre formatos.

A reclassificação dos mapas de solos das duas áreas, foi feita atribuindo-se pesos correspondentes ao custo a fim de atender às necessidades de calagem e de adubação que cada unidade de mapeamento requer para o plantio das culturas estudadas. Os Quadros 4 a 11 apresentam as necessidades de calagem e adubação de cada unidade de mapeamento para as duas áreas estudadas e os seus respectivos custos (pesos) necessários à correção do solo.

Esses mapas, após reclassificação, serviram de base para a geração do mapa de aptidão agro-econômica para a irrigação das duas áreas em estudo.

Quadro 4. Custo de calagem e adubação do Latossolo para o Assentamento Antonio Farias

LA							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação (kg/ha)			Custo Calagem R\$/há	Custo Adubação R\$/ha	Custo total Cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	3,28	40	800	280	360,80	690,00	1050,80
Maracujá	5,00	50	600	150	550,00	480,00	1030,00
Cenoura	2,75	50	600	200	302,50	510,00	812,50
Alface	2,75	50	450	100	302,50	360,00	662,50
TOTAL							3555,80

Calcário dolomítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 5. Custo de calagem e adubação do Neossolo Flúvico para o assentamento Antonio Farias

Rubd							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação (kg/ha)			Custo Calagem R\$/há	Custo Adubação R\$/ha	Custo total Cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	-	25	400	-	-	510,00	510,00
Maracujá	-	50	450	-	-	300,00	300,00
Cenoura	-	50	450	-	-	300,00	300,00
Alface	-	50	300	-	-	210,00	210,00
TOTAL							1320,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 6. Custo de calagem e adubação do Cambissolo para o assentamento - Antonio Farias

CXvd							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação (kg/ha)			Custo Calagem R\$/há	Custo Adubação R\$/ha	Custo total cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	-	25	400	125	-	660,00	660,00
Maracujá	-	50	450	150	-	390,00	390,00
Cenoura	-	50	450	-	-	300,00	300,00
Alface	-	50	300	-	-	210,00	210,00
TOTAL							1200,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 7. Custo de calagem e adubação do cambissolo para o Assentamento Visconde

CXbd1							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação (kg/ha)			Custo Calagem R\$/ha	Custo Adubação R\$/ha	Custo total Cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	4,00	100	400	50	440,00	330,00	770,00
Maracujá	4,00	50	450	50	440,00	330,00	770,00
Cenoura	4,00	50	450	-	440,00	300,00	740,00
Alface	4,00	50	300	-	440,00	210,00	650,00
TOTAL							2930,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 8. Custo de calagem e adubação do Cambissolo para o Assentamento Visconde

CXbd2							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação (kg/ha)			Custo Calagem R\$/ha	Custo Adubação R\$/ha	Custo total cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	4,00	100	600	50	440,00	450,00	890,00
Maracujá	4,00	50	600	50	440,00	420,00	860,00
Cenoura	3,75	50	600	-	413,00	390,00	803,00
Alface	3,75	50	450	-	413,00	300,00	713,00
TOTAL							3266,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 9. Custo de calagem e adubação do Cambissolo para o Assentamento Visconde

CXvd							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação (kg/ha)			Custo Calagem R\$/ha	Custo Adubação R\$/ha	Custo total cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	4,00	30	160	80	440,00	270,00	710,00
Maracujá	4,00	50	600	50	440,00	420,00	860,00
Cenoura	4,00	50	600	50	440,00	420,00	860,00
Alface	4,00	50	450	-	440,00	300,00	740,00
TOTAL							3170,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 10. Custo de calagem e adubação do Argissolo para o Assentamento Visconde

PVAd							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação(kg/ha)			Custo Calagem R\$/ha	Custo Adubação R\$/ha	Custo total cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	4,00	100	600	300	440,00	300,00	740,00
Maracujá	4,00	50	600	100	440,00	450,00	890,00
Cenoura	1,00	50	600	150	110,00	480,00	590,00
Alface	1,00	50	450	50	110,00	330,00	440,00
TOTAL							2660,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

Quadro 11. Custo de calagem e adubação do Latossolo para o Assentamento Visconde

LVAd							
Cultura	Necessidade de calagem (ton/ha)	Adubação(kg/ha)			Custo Calagem R\$/ha	Custo Adubação R\$/ha	Custo total cultura/ha
		N	P	K			
Coqueiro	4,00	100	300	170	440,00	171,00	611,00
Maracujá	4,00	50	600	150	440,00	480,00	920,00
Cenoura	4,00	50	600	150	440,00	480,00	920,00
Alface	4,00	50	450	50	440,00	330,00	770,00
TOTAL							3221,00

Calcário calcítico PRNT 80% = 110,00/ton (frete incluído)

3.11.2 Mapas de hidrografia e curvas de nível

Da mesma forma como realizado para os mapas de solos, os mapas de hidrografia e curvas de nível (plani-altimétricos) foram digitalizados com resolução de 300 dpi no formato A0. Os arquivos de imagem (TIF) foram importados pelo software TOPO EVN 5.0, gerando arquivos vetoriais em formato DXF. Em seguida, esses arquivos foram também importados pelo IDRISI 32, utilizando entretanto, o módulo LINERAS, após o procedimento básico de criação da imagem fundo (INITIAL).

Com relação aos pontos de captação, os mesmos tiveram suas coordenadas geográficas identificadas e assim, foram criados arquivos vetoriais que exportados para o IDRISI e convertidos em formato “raster” utilizando o módulo POINTRAS.

3.12 Obtenção dos mapas específicos

3.12.1 Modelo digital de elevação (MDE)

Para a confecção do MDE, foi utilizado o módulo INTERCON para interpolação das curvas de nível, gerando um modelo digital de elevação do terreno, definido como qualquer representação digital da variação contínua do relevo no espaço (BURROUGHT, 1990).

3.12.2 Mapas de faixas eqüidistantes dos pontos de captação

Com os mapas dos pontos de captação de água para irrigação foi utilizado o módulo DISTANCE do IDRISI 32, a fim de criar faixas eqüidistantes, a partir dos mesmos. Os pontos totalizaram nove no assentamento Antonio Farias e seis no assentamento Visconde.

3.12.3 Mapas de altura geométrica (Hg)

O mapa de altura geométrica foi obtido subtraindo-se do mapa de modelo digital de elevação do terreno (MDE), o valor da cota de cada ponto de captação de água para irrigação, em cada assentamento. Para essa operação trabalhou-se com o operador matemático do IDRISI 32 chamado de SCALAR, que permite realizar diversas operações matemáticas em mapas.

3.12.4 Mapas de perda de carga (ht)

Substituindo na equação 10 o valor do comprimento virtual das tubulações (L') pelo mapa de faixas eqüidistantes dos pontos de captação para irrigação gerado pelo módulo DISTANCE e utilizando-se o operador matemático SCALAR do IDRISI3.2, foi possível gerar o mapa de perda de carga, que tende a aumentar a medida que se afasta dos pontos de captação de água.

3.12.5 Mapas de altura manométrica (Hm)

O mapa de altura manométrica foi obtido somando-se o mapa de perda de carga (ht) com o mapa de altura geométrica (Hg), utilizando o módulo OVERLAY do IDRISI 32. Com isso, para cada assentamento, foi obtido o mapa ($hg + ht$) para cada ponto de captação de água para irrigação. Este foi então somado aos valores da pressão de serviço adotados; 200 kPa para os gotejadores e 300 kPa para os microaspersores; gerando-se, dessa forma, os mapas das altura manométrica das duas áreas estudadas (Figura 13).

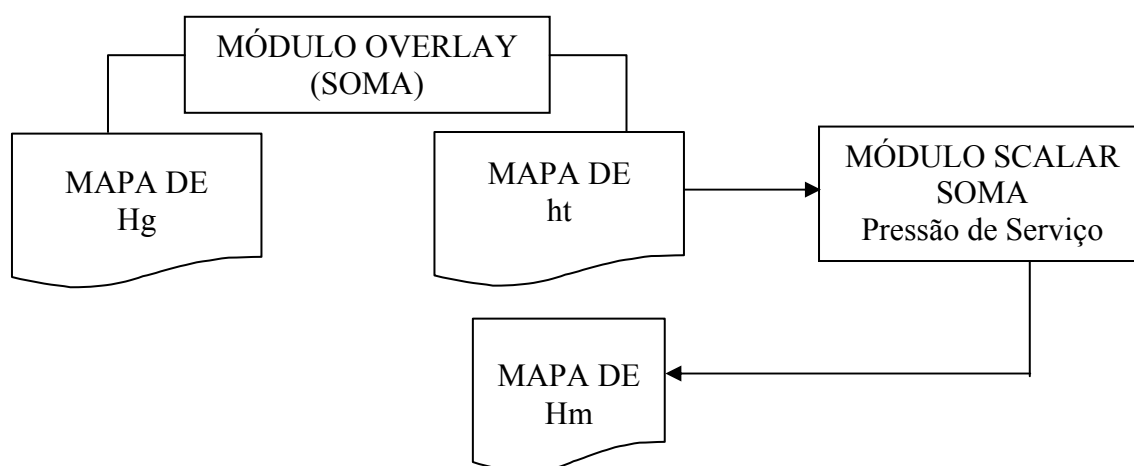


Figura 13. Fluxograma de construção dos mapas de Altura manométrica (Hm).

3.12.6 Mapas de potência (Pot)

Para a criação do mapa de potência requerida pelas bombas, o mapa de altura manométrica foi multiplicado pelo valor numérico obtido a partir da equação 11, utilizando-se módulo SCALAR do IDRISI 3.2, gerando-se, dessa forma, o mapa de potência para cada ponto de captação. Esse mapa foi reclassificado utilizando o módulo RECLASS, em classes correspondentes aos valores recomendados de folga para motores elétricos. Este valor foi de 1,50 para as potências até 2CV; 1,30 entre 2CV e 5CV; 1,20 entre 5CV e 10 CV e 1,15 para potências acima de 10CV (Figura 14).

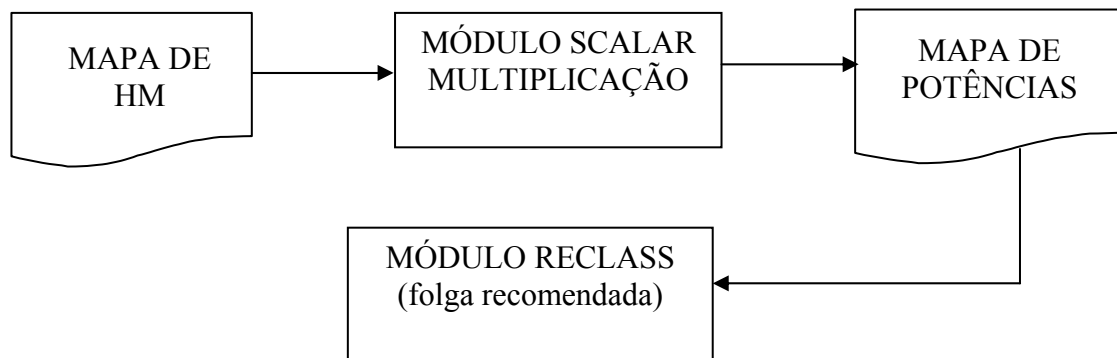


Figura 14. Fluxograma de construção dos mapas de potência (Pot).

3.12.7 Mapas de custo de motobomba (Cb)

O mapa de custo das motobombas foi criado multiplicando-se o mapa de potência pelo valor correspondente ao custo da motobomba em função da potência, apresentados no Quadro 3.

3.12.8 Mapas de custo de tubulação (Ct)

Para a criação do mapa de custo com tubulação, multiplicou-se o mapa de faixas equidistantes dos pontos de captação pelo custo da tubulação (R\$/m), gerando-se dessa maneira mapas que mostram o gasto com tubulação para conduzir a água dos pontos de captação até o local de aplicação.

3.12.9 Mapas de custo de implantação da irrigação (CI)

O mapa de custo de implantação da irrigação foi criado somando-se os mapas de custo de bombeamento com os mapas de custo de tubulação. Essa operação foi feita utilizando-se o módulo OVERLAY do IDRISI 32. Foi possível com isso, espacializar o gasto com implantação da irrigação, para as quatro culturas dentro das duas áreas estudadas, conforme fluxograma apresentado na Figura 15.

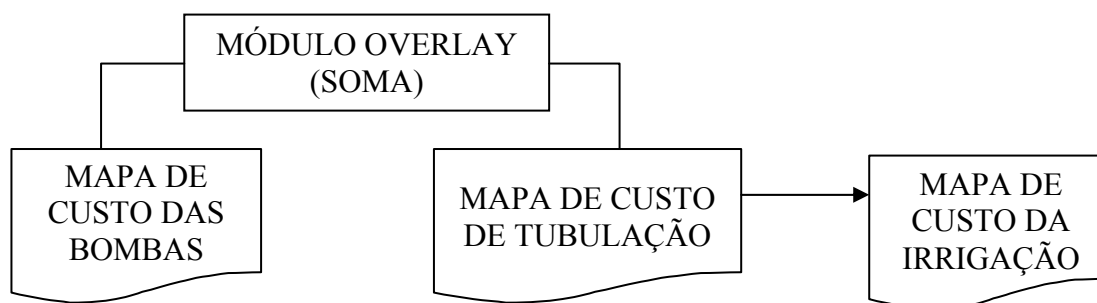


Figura 15. Fluxograma de construção dos mapas de custo de implantação da irrigação.

3.12.10 Mapas de custo de adubação e calagem (AC)

O mapa de custo de adubação e calagem foi obtido a partir de cálculos baseados nas análises químicas de fertilidade dos solos das duas áreas estudadas (Tabelas 4 a 7). Para cada unidade de mapeamento foi atribuído o valor necessário para se adubar e corrigir a acidez do solo conforme necessidade de cada cultura. Este valor constitui o peso utilizado para reclassificação em cada unidade de mapeamento (Figura 16).

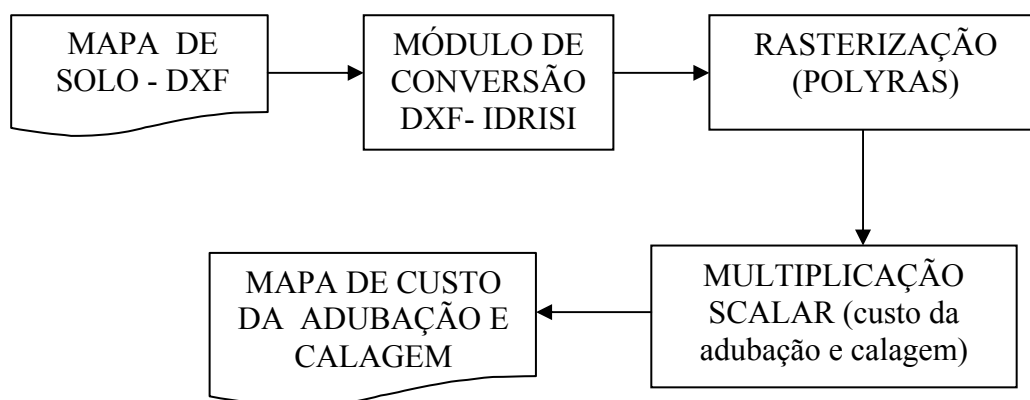


Figura 16. Fluxograma de construção dos mapas de custo de adubação e calagem.

3.12.11 Mapas de total de implantação das culturas irrigadas

Os mapas de custos total de implantação das culturas irrigadas foram obtidos somando-se os mapas de custos total da irrigação com os mapas de custos de adubação e calagem.

Foi possível, dessa maneira, gerar para cada núcleo que compõem as áreas estudadas, mapas que mostram o custo necessário para se implantar um hectare irrigado com as quatro culturas abordadas em função dos parâmetros hidráulicos e agrônômicos adotados (Figura 17).



Figura 17. Fluxograma de construção dos mapas de custo total de implantação das culturas irrigadas.