

## UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO

Vicente de Paulo Albuquerque Araújo<sup>1</sup>, Carlos Oliveira Galvão<sup>2</sup>, Leonardo Nóbrega Pedrosa<sup>1</sup> e Estêvão Feitosa Navarro<sup>1</sup>

**Resumo** – Apresenta-se um sistema de informações para apoio ao planejamento da agricultura dependente de chuva, através do qual está sendo elaborada uma proposta de zoneamento agroclimático para o semi-árido do Estado da Paraíba, Brasil. O sistema usa registros climáticos históricos, informações de previsão sazonal de precipitação e dados sobre ciclo de cultivo das principais culturas da região. Os registros de precipitação e evapotranspiração são analisados estatisticamente, definindo a melhor época de plantio, tendo como principal critério a redução do déficit hídrico no período de maior demanda de água pela cultura. O artigo descreve o estado atual de desenvolvimento do sistema computacional, as bases de dados de clima e de cultivos, os usuários típicos e a disseminação da informação. São discutidas as possibilidades de uso do sistema como instrumento de gestão de recursos hídricos, apoiando a gestão do abastecimento agrícola difuso, a outorga de uso da água em áreas irrigadas, a previsão da demanda de irrigação, o planejamento hidroagrícola regional, e outros sistemas computadorizados de apoio à gestão, aos quais pode ser integrado.

### 1 – INTRODUÇÃO

Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, assim como em outras regiões semi-áridas do mundo, a estação chuvosa se concentra em apenas três a seis meses, ficando o restante do ano sem ocorrência de chuvas significativas. Grande parte da população rural tem como principal atividade econômica a agricultura de subsistência de base familiar, dependente de chuva.

Um grande problema enfrentado no planejamento agrícola, seja na distribuição de sementes aos pequenos agricultores, ou na definição do momento mais adequado para o plantio, é a irregularidade interanual e intra-sazonal da distribuição da precipitação. Atribui-se esta variabilidade, principalmente, à influência dos oceanos tropicais, que controlam a atividade e a posição da Zona de Convergência Intertropical, principal sistema meteorológico causador de precipitação na região. Uma característica da variabilidade intra-sazonal da precipitação, de grande importância agrícola, é a ocorrência de períodos de várias semanas sem chuva, dentro da estação chuvosa, denominados de “veranicos”. Os veranicos têm sido a causa da perda de safra em vários anos.

Uma solução para o problema é a construção de pequenas estruturas para captação e armazenamento de água, como reservatórios superficiais, barragens subterrâneas e poços, para realização de irrigação suplementar (também chamada de “irrigação de salvação”) durante os veranicos ou quando a estação chuvosa é muito curta.

O conhecimento das características do regime de precipitação pode contribuir para a definição da época mais adequada para realizar o plantio e assim minimizar eventuais perdas das culturas e otimizar a utilização de irrigação suplementar. Esta informação também é útil para a alocação de recursos no nível governamental, e para introdução de cultivares melhor adaptadas ao regime climático, pelas instituições de pesquisa e extensão rural. Por outro lado, devido à alta variabilidade interanual do regime de chuvas, a incerteza associada a este planejamento ainda é muito alta. Recentemente, porém, os serviços de previsão meteorológica passaram a fornecer informações mais precisas sobre as características da estação chuvosa, com antecedência de um a três meses. Isto pode vir a reduzir significativamente a incerteza no planejamento agroclimático de curto prazo, à medida que a precisão das previsões seja melhorada.

Este trabalho apresenta um sistema informatizado para zoneamento agroclimático, que determina a melhor época de plantio de culturas dependentes de chuva e suas necessidades de irrigação suplementar, a partir das características fisiológicas das culturas, do regime climático local e da previsão meteorológica. Através deste sistema está sendo elaborada uma proposta de zoneamento agroclimático para o semi-árido do Estado da Paraíba, Brasil. Neste artigo, porém, não são enfatizadas as características conceituais ou metodológicas do sistema ou o seu papel para o planejamento agrícola, mas a sua utilidade como um instrumento para apoio à gestão de recursos hídricos.

---

<sup>1</sup> Programa de Estudos e Ações para o Semi-Árido - PEASA, Universidade Federal da Paraíba; Av. Aprígio Veloso, 882; 58.109-970, Campina Grande, PB, Brasil; email: vicente@paqtc.rpp.br

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba e Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Av. Aprígio Veloso, 882; 58.109-970, Campina Grande, PB, Brasil; email: galvao@rechid.ufpb.br

## 2 – DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O *Sistema de Planejamento Agroclimático* (Planagro) está sendo desenvolvido no âmbito do Programa de Estudos e Ações para o Semi-Árido – Peasa – da Universidade Federal da Paraíba e encontra-se em fase final de implementação (Navarro, 1993; Pedrosa, 1993). O sistema é composto de quatro módulos funcionais: (a) banco de dados, (b) caracterização do período chuvoso, (c) análise estatística, e (d) balanço hídrico. O sistema é projetado para ambientes DOS e Windows.

O zoneamento agroclimático tem como base a *unidade de zoneamento*, que pode ser o município, a área de influência dos postos pluviométricos, a micro-região ou a bacia hidrográfica. A unidade de zoneamento não é necessariamente a unidade geográfica de coleta dos dados básicos e é definida pelo usuário do sistema em função da disponibilidade de informações e do grau de detalhamento desejado para o zoneamento.

### 2.1 – Banco de dados

O módulo de banco de dados contém informações climáticas e de culturas agrícolas, indexados por unidade de zoneamento. As informações climáticas são séries históricas de precipitação e evapotranspiração diárias para cada unidade. A previsão meteorológica da estação chuvosa especifica a distribuição de probabilidade de ocorrência do total precipitado sazonal. O banco de dados possui uma rotina de preenchimento de falhas para as séries históricas de precipitação e evapotranspiração. Para cada cultura agrícola, tem-se dados de ciclo vegetativo e coeficientes de cultivo, que são utilizados para a definição da época recomendada de plantio, e informações de interesse para o planejamento agrícola e a gestão de recursos hídricos: área cultivada na unidade geográfica, retorno financeiro por área plantada, sensibilidade a doenças e sistemas de irrigação apropriados.

No caso da Paraíba, as informações climáticas foram obtidas do Banco de Dados Climatológicos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene). Os dados de previsão sazonal de precipitação são fornecidos pelo órgão de previsão e monitoramento climático estadual, o Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba (Lmrs). Os dados de cultura foram obtidos através de pesquisa de campo e consulta a instituições estaduais de planejamento agrícola e extensão rural, identificando, por micro-região, as três culturas com maior área cultivada e maior benefício econômico aos municípios (Navarro, 1993).

### 2.2 – Caracterização do período chuvoso

O módulo de caracterização do período chuvoso define, para cada cultura e em cada unidade de zoneamento, o período mais adequado para o plantio, utilizando como critério a redução do déficit hídrico no período de maior demanda de água pela cultura:

- a) A partir do número de dias do ciclo de cultivo (em geral, 60, 90 ou 120 dias para as culturas usuais no semi-árido da Paraíba), escolhe-se o período chuvoso mais adequado para realizar a pesquisa da melhor data de plantio. Este período é definido como o bimestre, o trimestre ou o quadrimestre mais chuvoso (dependendo do ciclo da cultura), observado na série histórica, mais 15 dias antes do seu início e 15 dias após o seu término.
- b) Dentro deste período, ano a ano, procura-se o intervalo, com duração da fase crítica da cultura (aquela em que a demanda hídrica é maior), que apresente a maior precipitação acumulada, definindo-se, então, a data de plantio correspondente.
- c) Obtém-se, então uma série de datas de plantio, formada pelas datas encontradas para cada ano da série histórica de precipitação e evapotranspiração. A análise estatística desta série (seção 2.3) estima a data de plantio associada a uma probabilidade de ocorrência desejada.

Várias metodologias têm sido propostas para determinar a melhor época de plantio de culturas dependentes de chuva no semi-árido do Nordeste brasileiro (e.g., Paixão et al., 1996) e podem ser, alternativamente, incorporadas ao módulo de caracterização do período chuvoso.

### 2.3 – Análise estatística

Uma rotina de análise de frequência, denominada *Hidrests*, constitui o terceiro módulo funcional do Planagro. O *Hidrests* testa automaticamente o ajuste de várias distribuições teóricas de probabilidade às séries de datas de plantio, e assim permite a estimativa da data associada a uma probabilidade de ocorrência desejada. O *Hidrests* também faz a análise das séries de precipitação acumulada no período total do ciclo vegetativo e no período crítico das culturas.

## 2.4 – Balanço hídrico

Uma vez determinada a data de plantio, verifica-se a viabilidade da cultura naquelas condições específicas de regime pluviométrico. Esta verificação é realizada, ano a ano da série histórica, através do balanço hídrico entre a demanda da cultura e a quantidade de chuva precipitada nas várias fases do seu ciclo vegetativo, assumindo a mesma data de plantio para todos os anos. A demanda hídrica é obtida pela multiplicação do coeficiente de cultivo em cada fase do ciclo pela evapotranspiração potencial no período. Fases importantes são os dias imediatamente posteriores ao plantio, períodos de veranicos e a fase de maior demanda de água pela cultura. É possível que haja anos em que a cultura seja inviável se cultivada sem irrigação. O déficit hídrico calculado em cada fase corresponde à necessidade de irrigação suplementar, que, por sua vez, pode também ser analisada estatisticamente.

## 2.5 – Uso da previsão meteorológica

Na descrição realizada acima, o sistema usa como dados climáticos as séries históricas de precipitação e evapotranspiração. O resultado corresponde ao que no Planagro se denomina de *cenário climatológico*, que é permanente e não muda de ano para ano.

A previsão de precipitação na estação chuvosa para o chamado setor norte do Nordeste já vem sendo feita de modo operacional pelos Núcleos de Meteorologia e Recursos Hídricos dos estados da região (Repelli e Alves, 1994). Alguns dos métodos utilizados para a previsão são estatísticos e fornecem o prognóstico associado a uma probabilidade de ocorrência. Estes prognósticos podem ser utilizados para “construir” uma série sintética de precipitação que obedeça às probabilidades de ocorrência prescritas na previsão (Croley, 1996; Galvão, 1997). Esta série pode ser então analisada utilizando os mesmos procedimentos descritos acima, gerando o chamado *cenário prospectivo*. Este cenário varia ano a ano e é emitido nos meses que antecedem à estação chuvosa, de acordo com os anúncios da previsão meteorológica. O cenário prospectivo pode ser considerado uma atualização do cenário climatológico a partir das informações da previsão de chuva.

## 3 – O ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão dos recursos hídricos em regiões predominantemente agrícolas deve considerar primordialmente os processos agroclimáticos, hidrológicos e suas sazonalidades (Silva e Lanna, 1997). Na Paraíba, um dos estados brasileiros que têm economia baseada na agropecuária, os principais usos da água são o abastecimento humano, o abastecimento agrícola e pecuário, e o abastecimento industrial, respondendo pelas maiores demandas a agricultura irrigada e as áreas urbanas (UFPB/ATECEL, 1995). A gestão de recursos hídricos para uso agrícola é complicada pela extrema variabilidade da precipitação, no tempo e no espaço, e na vulnerabilidade sócio-econômica dos sistemas de produção agropecuários, principalmente os isolados. Um sistema de zoneamento e planejamento agroclimático, como o Planagro, pode ser um instrumento valioso no apoio a esta tarefa, conforme se discute a seguir.

### 3.1 – Gestão do abastecimento agrícola difuso

Uma demanda agrícola pouco quantificada nos planos de gerenciamento de recursos hídricos, mas muito importante, é a demanda da agricultura dependente de chuva, também chamada de agricultura de “sequeiro”. Este tipo de atividade agrícola é responsável, no Nordeste brasileiro, por grande parte da produção de culturas alimentares de subsistência, como o milho e o feijão, e é praticada em pequenos sistemas de produção familiar. Estas unidades de produção são espacialmente difusas em pequenas propriedades rurais e têm dimensões, em geral, de apenas poucos hectares. A maioria delas é completamente dependente de chuva, sem dispor de estruturas de captação e armazenamento de água para irrigação suplementar, como pequenos açudes e poços. A disponibilidade hídrica destes mananciais é de difícil estimativa na escala de planejamento de grandes bacias (Rêgo e Albuquerque, 1997) e, assim como a demanda, é em geral negligenciada nos planos de recursos hídricos.

Um sistema de informações como o Planagro pode indicar, para as culturas de interesse, as necessidades de irrigação suplementar para as unidades de zoneamento. Essa informação, em conjunto com dados do censo agropecuário e dos cadastros fundiário e de irrigantes, pode fornecer estimativa da demanda hídrica para a agricultura dependente de chuva. Pode-se então fazer o planejamento da ativação do potencial hídrico para atendimento a esta demanda, através de pequenas estruturas hidráulicas para captação e armazenamento de água de chuva no nível de propriedade rural ou de pequenas bacias, como barreiros para irrigação de salvação, poços, barragens subterrâneas, entre outras (e.g., Silva e Porto, 1982; Brito et al., 1989; Rêgo e Albuquerque, 1997).

Antes do início da estação chuvosa, utilizando a previsão meteorológica, pode-se avaliar a efi-

cação e/ou a possibilidade de colapso dos sistemas difusos de irrigação suplementar já implantados e cadastrados, estimar a produção agrícola e, eventualmente, em caso de previsão de quebra de safra, planejar ações emergenciais de apoio ao produtor.

### **3.2 – Outorga de uso da água em áreas irrigadas**

Os açudes (reservatórios superficiais) de médio e grande porte são os principais responsáveis pelo abastecimento humano e industrial nas áreas urbanas, e pelo abastecimento agrícola nas áreas irrigadas. O zoneamento agroclimático pode apoiar o sistema de outorga de água para áreas irrigadas que utilizem culturas anuais (e.g., Silva e Lanna, 1997), tanto estimando valores de referência, como ajustes anuais baseados no plano de cultivo e na previsão meteorológica.

### **3.3 – Previsão da demanda de irrigação**

Quando utilizando a previsão meteorológica da estação chuvosa, o Planagro pode ser usado para a estimativa de demandas de irrigação dos reservatórios que abastecem as áreas irrigadas, dado importante para entrada em sistemas computacionais de otimização da sua operação (e.g., Galvão et al., 1994).

### **3.4 – Planejamento hidroagrícola regional**

O Planagro pode ser usado como ferramenta para apoiar o planejamento agrícola regional integrado ao planejamento de recursos hídricos. A introdução de novas alternativas de culturas ou cultivares nos sistemas de produção agropecuários micro-regionais, por exemplo, pode ser avaliada, determinando a melhor época de plantio para cada cultivar, os déficits hídricos, a quantidade de irrigação suplementar e, conseqüentemente, as necessidades de ativação de novos mananciais hídricos.

### **3.5 – Integração com outros sistemas de apoio à gestão**

O Planagro é uma ferramenta para informações de recursos hídricos com fins agrícolas, que pode ser integrado a outros sistemas de informação em recursos hídricos. Assim, o componente de estimativa de demandas da agricultura dependente de chuva destes sistemas passaria a ser considerado de forma mais detalhada, o que se justifica pela importância deste tipo de demanda nas regiões semi-áridas.

O zoneamento agroclimático, sendo geo-referenciado, pode se constituir em uma camada de sistemas de informações geográficas para planejamento e gestão de recursos hídricos, planejamento agrícola, e planejamento integrado regional. Em se tratando de uma ferramenta genérica, sua aplicação é imediata para outras regiões que não a Paraíba.

A natureza estatística das informações pode ser de grande valia para sistemas de apoio à decisão, como os sistemas de operação estocástica de reservatórios. Dada a grande variabilidade interanual e intra-sazonal da precipitação na região, as estimativas probabilísticas da data sugerida para o plantio, ou da quantidade de água para irrigação suplementar, dão ao gestor uma medida da incerteza associada a estas recomendações.

### **3.6 – Usuários e disseminação da informação**

Os usuários típicos das informações do zoneamento agroclimático são os órgãos governamentais e não-governamentais de assistência técnica e extensão rural, as cooperativas agrícolas e produtores rurais, e os órgãos de gestão de recursos hídricos, além das instituições de pesquisa e desenvolvimento. O zoneamento agroclimático da Paraíba, em seus cenários climatológico e prospectivo, dará origem ao *Manual prático de identificação do período efetivo de chuvas mais adequado para as principais culturas de sequeiro do semi-árido paraibano*. As informações geradas pelo Planagro deverão estar disponíveis também para consulta via Internet. O sistema computacional estará disponível para distribuição a usuários interessados em utilizá-lo como instrumento de pesquisa e desenvolvimento.

## **4 – AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, que tem apoiado o desenvolvimento do Planagro; à CAPES/PICDT, que apoia Carlos O. Galvão no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; aos professores Vajapeyam S. Srinivasan e Hamilton M. de Azevedo, da Universidade Federal da Paraíba, que participaram de fases anteriores de desenvolvimento do sistema.

**5 – REFERÊNCIAS**

- BRITO, L.T. de L., SILVA, A. de S., MACIEL, J.L., MONTEIRO, M.A.R. (1989). Barragem Subterrânea I: construção e manejo. EMBRAPA-CPATSA, Petrolina. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa 36).
- CROLEY, T.E. (1996). Using NOAA's new climate outlooks in operational hydrology. Journal of Hydrologic Engineering, vol.1, no.3, p.93-102.
- GALVÃO, C.O. (1997). Deriving seasonal runoff forecasts for Northeast Brazil using Hadley Centre's forecasts of seasonal rainfall (research report). Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich.
- GALVÃO, C.O., RABBANI, E.R., RIBEIRO, M.M.R. (1994). Otimização do uso da água em reservatórios no semi-árido através de programação dinâmica. Anais do II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, p. 461-469, Fortaleza.
- NAVARRO, E.F. (1993). Planejamento agroclimático informatizado do semi-árido paraibano; relatório de pesquisa. UFPB/CNPq, Campina Grande.
- PAIXÃO, E.B., BRAGA, C.C., SILVA, B.B. (1996). Risco climático associado a diferentes épocas de plantio no Estado do Ceará. Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. 1, p. 321-324, Rio de Janeiro.
- PEDROSA, L.N. (1993). Planejamento agroclimático informatizado do semi-árido paraibano; relatório de pesquisa. UFPB/CNPq, Campina Grande.
- RÊGO, J.C., ALBUQUERQUE, J.P.T. (1997). O manejo integrado dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas do Nordeste semi-árido do Brasil. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, vol. 1, p. 137-144, Vitória.
- REPELLI, C.A., ALVES, J.M.B. (1994). O estado da arte da previsibilidade operacional da quadra chuvosa do setor norte do Nordeste do Brasil. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. 2, p. 438-440, Belo Horizonte.
- SILVA, L.M.C., LANNA, A.E.L. (1997). Critérios de outorga de uso da água com base em modelagem agro-hidrológica: metodologia e aplicação (bacia do Rio Branco - BA). Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, vol. 1, p. 137-144, Vitória.
- SILVA, A. de S., PORTO, E.R. (1982). Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil; tecnologias de baixo custo. EMBRAPA-CPATSA, Petrolina. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos 14).
- UFPB/ATECEL (1995). Plano estadual e sistema de gerenciamento de recursos hídricos. Secretaria de Planejamento do Estado da Paraíba, Campina Grande.