

**Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT**

**Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC**

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**

**Laboratório Nacional de Computação Científica - LNCC**

**Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**

Sustentabilidade do Semi-Árido: Um Enfoque Interdisciplinar

***Descrição do Projeto***

Carlos Nobre, Gilberto Camara, Javier Tomasella, INPE e Luiz Bevilacqua,  
LNCC (proponentes)

## 1. Descrição do Problema

Neste início de milênio, o Brasil enfrenta grandes desafios para administrar seus sistemas ecológicos, econômicos e sociais. Uma vasta gama de problemas, que vão desde o secular impacto da alta variabilidade climática nas populações nordestinas, passando pelo impacto ambiental da nova infra-estrutura rodoviária na Amazônia até o impacto dos problemas ambientais na qualidade de vida de concentrações urbanas, irá requerer melhorias significativas na capacidade nacional para modelar e simular cenários de política pública com dimensões espaciais e temporais explícitas.

Apesar das proporções continentais do território brasileiro, sua diversidade geográfica, e suas disparidades sócio-econômicas, a análise do processo de desenvolvimento do país não é feita de forma integrada e sistêmica. Pouco se conseguiu realizar em termos de avaliações integradas que combinem fatores econômicos, ecológicos, demográficos e climáticos. Deste modo, o processo de implementação de políticas públicas no Brasil ainda está baseado em abordagens estritamente disciplinares, nas quais cada setor do Governo adota decisões com percepção restrita de seu impacto.

Após a conferência RIO 92, numa tentativa de estabelecer um processo de decisão gerencial integrada, o governo brasileiro prometeu adotar os princípios do *desenvolvimento sustentado*. Contudo, como este conceito ainda não tem uma formulação científica sólida, as conseqüências práticas desta decisão foram limitadas. Deste modo, muito esforço de pesquisa será necessário para transformar boas intenções em hipóteses testáveis e verificáveis.

Recentemente, começaram a serem lançadas as bases teóricas de uma nova e complexa ciência, a *ciência da sustentabilidade*. O relatório final da reunião de Friibergh, encontro realizado em 2000 entre cientistas que procuram desenvolver os conceitos fundamentais da ciência da sustentabilidade, destaca: *“Atualmente necessita-se urgentemente de um melhor entendimento geral das complexas interações dinâmicas entre a sociedade e a natureza, de tal modo que a tendência alarmante em direção à vulnerabilidade possa ser revertida. Isto irá requerer substanciais avanços na nossa capacidade de analisar e prever o comportamento de sistemas que se auto-organizam, e avaliar o papel dos vários atores com expectativas divergentes. Muito da experiência contemporânea aponta para a necessidade de abordar estas questões através de esforços científicos integrados, que enfoquem características sociais e ecológicas de locais e regiões particulares”*.

Um dos primeiros exemplos que vêm á mente quando se pensa neste emergente conceito de ciência da sustentabilidade, e, além disso, é um dos maiores desafios que enfrentamos, é o entendimento dos processos que condicionam a ocupação humana no Semi-Árido brasileiro. Nesta região, o complexo relacionamento entre fatores ambientais e climáticos, processos de mudança de uso e cobertura do solo e dinâmicas populacionais e sócio-econômicas requer um grande investimento no desenvolvimento de modelos matemáticos e computacionais para subsídio às políticas públicas.

A pobreza e os desequilíbrios inter e intra-regionais no Nordeste do Brasil não podem ser atribuídos exclusivamente às anomalias climáticas representadas pelas periódicas secas. Decorrem de desequilíbrios e problemas estruturais e históricos do desenvolvimento brasileiro. Entretanto, não resta dúvida que o caráter irregular das chuvas contribui à perpetuação do quadro de iniquidade social, provocado principalmente por aquelas secas de grande intensidade e profundo impacto social como as de 1958, 70, 83, 93 e 98, para citar as mais recentes, que provocam um profundo esgarçamento do tecido social e econômico regional devido ao usual colapso da produção agrícola de subsistência de milhões de habitantes da zona rural. Este colapso da produção agrícola desorganiza e destrutura o setor produtivo, reduz a renda dos agricultores (apesar de que fundos emergenciais federais são despejados, na região, em grande volumes em anos de secas severas), inclusive chegando a provocar periódico esvaziamento populacional devido às migrações internas para os centros urbanos do Nordeste e de outras regiões do país.

A carência e irregularidade das chuvas estacionais é somente o primeiro elo de uma complexa cadeia de eventos, impactos e efeitos ambientais, sociais e econômicos que dificultam a eliminação gradual da pobreza, através da melhoria dos índices educacionais, de saúde e de renda da maioria da população do Semi-Árido e mesmo da população de áreas mais úmidas como o agreste e a Zona da Mata. A agricultura de sequeiro praticada na maioria do Semi-Árido (principalmente mandioca, feijão e milho) e a pecuária extensiva têm apresentado historicamente índices de baixíssima produtividade, afetados ainda mais pelas periódicas secas. Manuais de zoneamento agrícola da Embrapa não indicam a maioria das culturas anuais que se plantam na região como apropriadas (isto é, com viabilidade agrícola e econômica) para o Semi-Árido, devido às irregularidades do clima. Por exemplo, a maior parte do semi-árido (98%) encontra-se sobre solos muito rasos (formação geológica do Cristalino), não acumulando muita água, o que torna a agricultura tradicional uma atividade de alto risco. Acesso à água subterrânea de qualidade ocorre somente numa pequena parte da região (o cristalino tem potencial hidrogeológico muito baixo e água de baixa qualidade).

Além destes fatores limitantes ambientais, os baixos índices educacionais e de saúde da população e falta de infra-estrutura de apoio ao desenvolvimento agrícola regional, colocam gigantescos óbices estruturais ao desenvolvimento sustentável do Nordeste. Por exemplo, iniciativas de açudagem e experiências piloto de fornecimento estável de água para a agricultura de subsistência de pequena escala têm sido tentadas desde o Império, mas com resultados que não têm servido de paradigma a um modelo de desenvolvimento regional já que a maioria destas experiências não foi bem sucedida, isto é, disponibilidade hídrica é somente um dos fatores para o desenvolvimento agrícola do semi-árido, mas está muito longe de ser o único.

Para enfrentar esses desafios, baseados nos novos níveis de competência científica, um grupo de instituições brasileiras com liderança em pesquisa e desenvolvimento propõe um estudo multi e interdisciplinar do Semi-Árido. *O objetivo desta proposta é desenvolver modelos computacionais capazes de prever a dinâmica espacial (e temporal) dos sistemas ecológicos e sócio-econômicos no Semi-Árido, dentro do conceito de sustentabilidade.*

## 2. Estado da Arte

Durante os últimos 10 anos, os cientistas vêm construindo considerável base de conhecimento para o entendimento das forças causais da variabilidade climática regional, a partir da constatação de que a região semi-árida do Nordeste apresenta uma das mais altas previsibilidades climáticas sazonais de qualquer área continental do planeta (Nobre and Shukla, 1996; Pezzi and Cavalcanti, 2000). Com base neste conhecimento, previsões climáticas sazonais têm sido sendo produzidas em vários centros climáticos e utilizadas como ferramentas gerenciais (veja-se, por exemplo, os sítios [www.cptec.inpe.br/products/clima/](http://www.cptec.inpe.br/products/clima/), [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov); [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int); [iri.ldeo.columbia.edu](http://iri.ldeo.columbia.edu)).

Além disso, o CPTEC já realiza regularmente estimativa de água no solo na área de atuação da antiga Sudene (Souza, Tomasella et al., 2001), em um projeto denominado **Proclima** ([www.cptec.inpe.br/products/proclima/](http://www.cptec.inpe.br/products/proclima/)), em cooperação com centros estaduais de meteorologia e recursos hídricos de todos os estados do Nordeste e de Minas Gerais, e com a Embrapa. No Proclima, as informações básicas de solo são obtidas a partir dos dados pedológicos de levantamentos de solos da Embrapa e do Radam-Brasil já existentes. Nesses levantamentos, os solos foram amostrados determinando a profundidade dos horizontes, o tipo de solo, tipo de vegetação, etc. Os atributos geofísicos do solo podem ser transformados em parâmetros necessários para modelos de simulação de água no solo. Essas informações foram espacializadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de modo a criar um mapa representando a ocorrência de parâmetros de solo mais freqüente em uma determinada área. Este modelo utiliza uma ampla rede de dados pluviométricos dos Estados e o cálculo da evapotranspiração faz uso de estimativas de radiação solar obtidas a partir de dados do satélite meteorológico GOES. O resultado final são estimativas diárias de água no solo, precipitação pluviométrica e evapotranspiração, isto é, termos da equação de balanço hídrico à superfície em nível de município. O Proclima agrega ao seu SIG bases de dados sócio-econômicos provenientes do IBGE e estatísticas sobre ações emergenciais da ex-SUDENE

### 3. Objetivos e Metas

O Nordeste brasileiro é uma região com alta variabilidade climática intra-sazonal e interanual e na qual os efeitos climáticos sobre os recursos hídricos são fatores que afetam decisivamente as comunidades locais. A região oferece uma oportunidade única para a utilização de modelos de previsão de clima de modo a melhorar o gerenciamento de recursos hídricos escassos e o processo de tomada de decisões nos setores público e privado. O resultado mais importante será um modelo integrado de usos do solo e mudança da cobertura vegetal para servir como ferramenta para tomada de decisão, principalmente quanto a avaliações de impactos de tendências climáticas, econômicas e demográficas.

Para fundamentar tal avaliação integrada, é necessário um trabalho científico básico em: (a) modelos para variabilidade do clima e previsão sazonal das tendências climáticas do Nordeste; (b) avaliação integrada dos recursos hídricos regionais e seus impactos sobre os usos do solo; (c) impactos econômicos e sociais da variabilidade climática e políticas públicas para mitigação.

O modelo inclui uma camada bio-geofísica (principais fatores limitantes como alta variabilidade das chuvas e dos recursos hídricos, fertilidade do solo, etc.); componentes econômicos (práticas de comércio e regulamentações de mercado) e, o mais importante, um componente social (relações entre comunidades locais, usos da terra, práticas culturais, conhecimento local, educação, etc.).

Buscar o desenvolvimento de um modelo integrado para o desenvolvimento sustentável do Nordeste torna-se um importante desafio científico, com importantes aplicações práticas. Tal modelo deverá obrigatoriamente conter um *subcomponente ambiental-biogeofísico*, contendo o substrato do meio físico - clima, solo, água, vegetação, etc. - apresentando potencialidades e fatores limitantes (alta variabilidade das chuvas e dos recursos hídricos, fertilidade do solo, etc.), *subcomponente econômico* - potencialidades e vocações agrícolas, práticas de comércio e regulamentações de mercado, competitividade, setor de serviços, desenvolvimento industrial, etc. -, *subcomponente social* - educação básica, técnica e profissionalizante, saúde, organização comunitária, relações entre comunidades locais, usos da terra, práticas culturais, conhecimento local, etc. - e *subcomponente institucional* - políticas de desenvolvimento regional, nível de representação democrática, mitigação e respostas aos efeitos adversos das secas, etc. O princípio de conviver com a alta variabilidade climática regional, notadamente com os periódicos episódios de seca, estará implícito na formulação do Modelo. Dentro do componente ambiental-biogeofísico, o monitoramento e previsão climáticos serão cruciais no planejamento de ações de mitigação para reduzir os danos das irregularidades do clima.

Como ponto de partida, há que se sintetizar de maneira quantitativa as relações entre a grande variabilidade climática interanual e a desorganização do setor produtivo agrícola do semi-árido em casos de secas, utilizando o vasto corpo de pesquisa existente sobre o assunto, mas que se ocupou de buscar prioritariamente relações qualitativas. Ao mesmo tempo, também baseado na experiência prática, há que se estabelecer um submodelo de políticas e práticas

de mitigação dos efeitos das secas, por exemplo, estudando a efetividade das políticas públicas de alívio emergencial em situações extremas de seca. Neste particular, deve-se estudar com atenção a experiência da ex-SUDENE (e DNOCS) historicamente em contraponto àquela dos últimos anos: políticas e programas voltados para a convivência com a seca e para a inclusão social. No tocante a ferramentas de monitoramento e avaliação, estabeleceu-se, na ex-SUDENE, um sistema de informações contendo previsões climáticas das chuvas sazonais do Nordeste, monitoramento de água no solo para fins de agricultura e dados sócio-econômicos a nível municipal, sistema este que serviu de base a algumas ações emergenciais de alívio às populações afetadas pela seca nos últimos três anos. De modo geral, estes esforços iniciais devem evoluir para modelos integrados mais complexos que explorem cenários de desenvolvimento agrícola regional sustentável levando em conta a capacidade de suporte do meio físico, principalmente a variabilidade climática, culturas adaptadas a esta variabilidade, culturas irrigadas, e a introdução de novas tecnologias. Num estágio mais avançado tais modelos serviriam para o estudo de vulnerabilidade destes sistemas a mudanças climáticas futuras, visando buscar desenvolver capacidade de adaptação a estas mudanças.

Na construção deste modelo integrado, ênfase especial será dada aos programas da Comissão Setorial Extraordinária de Convivência com a Seca e Inclusão Social. As bases de dados relativos a vários programas do Sertão Cidadão (por exemplo, PRONAF, Bolsa Renda, Vale Alimentação, Bolsa Escola, Cestas Básicas, Seguro Renda, Carros Pipas, Construção de Poços, Cisternas, etc.) serão integradas ao sistema de tal modo a permitir relacioná-las com as demais variáveis ambientais e sócio-econômicas do modelo. Como benefício adicional de integrar estas bases de dados ao sistema de informações geográficas, tornar-se-á possível a espacialização das informações referentes ao programas do governo federal, inclusive para sua visualização georeferenciada na “Sala de Situação”. Será criada uma ferramenta de acesso e visualização das várias camadas ambientais, demográficas e sócio-econômicas de informações, com base municipal, com base em sistema já desenvolvido pelo INPE (“Mosaico do Brasil”).

O semi-árido se caracteriza pela grande variabilidade espacial e temporal das precipitações. A precisão e acurácia do diagnóstico climático dependem fortemente de uma rede de observação meteorológica suficientemente densa e adequadamente operante. Atualmente, o PROCLIMA utiliza dados de 1250 postos pluviométricos distribuídos na região. Além disso, a região conta com 65 plataformas de coleta de dados, transmitindo informações meteorológicas em tempo real via satélite, indispensáveis para uma boa previsão de tempo e clima. Entretanto, a capacidade de observação das variáveis ambientais relacionadas aos recursos hídricos no Nordeste não se distribui uniformemente na região. A qualidade das estimativas de água no solo do Projeto Proclima depende da densidade da rede observacional e da qualidade dos dados. Este projeto almeja também expandir a capacidade observacional, principalmente nas áreas consideradas críticas pelo MDA e que não disponham de cobertura observacional hidrometeorológica adequada e contribuir para a qualidade dos dados coletados.

Finalmente, deve-se considerar a potencial contribuição para aplicações nos diversos setores tecnológico, agropecuário, social e econômico. As políticas de convivência com a seca têm um caráter contínuo, e não episódico, e compreende um conjunto de ações permanentes nas quais investimentos em melhorias e conservação de obras de infra-estrutura são apenas uma componente entre outras. Outros elementos, tradicionalmente esquecidos, como educação e indução de mudanças culturais para permitir a “incorporação da realidade natural” (de viver em região Semi-Árida) no planejamento das comunidades, terão um papel fundamental nessa nova abordagem. Nesse contexto, é de fundamental importância melhorar a permeabilidade das pesquisas e avanços tecnológicos nas comunidades locais, a fim de que o processo de assimilação de novos conhecimentos pela população ocorra de maneira espontânea e permanente, e não somente induzido pelo poder público, o que tradicionalmente gera desconfianças.

#### **4. Atividades de Pesquisa e de Desenvolvimento de Produtos**

##### ***Atividade 1: Variabilidade Climática e Previsão Sazonal***

Início: 01/01/2002 (36 meses)

***Responsável:*** Carlos A. Nobre

***Equipe:*** Carlos Nobre, Iracema Cavalcanti, Paulo Nobre, José Marengo, Sérgio Franquito, Guillermo Obregon, Gilvan S. de Oliveira

##### ***Descrição***

A previsibilidade climática sazonal das chuvas do norte do Nordeste é uma das maiores sobre qualquer região continental do planeta, o que permite estudar o potencial de aplicação das previsões climáticas na gestão de recursos hídricos. Ao mesmo tempo, o melhor entendimento dos processos da interação entre a superfície, a atmosfera e os oceanos tropicais, responsáveis em grande parte pela variabilidade climática interanual da região, permitirá estender o conhecimento sobre as causas da alta previsibilidade climática, particularmente para o desenvolvimento de aplicações específicas para o setor agrícola.

As previsões climáticas sazonais têm sido utilizadas com sucesso, mas principalmente em atividades de planejamento por organismos governamentais (Sudene, Defesa Civil, Governos Estaduais, MDA, etc.). Seu uso diretamente por usuários finais, como, por exemplo, os agricultores do semi-árido, tem sido uma tarefa de difícil consecução. Esta atividade concentrar-se-á, inicialmente, em buscar compreender os fatores limitantes ao uso efetivo das previsões climáticas existentes pelos diversos atores sociais e econômicos.

Simultaneamente, deverá também estabelecer quantitativamente as relações entre intensidade e abrangência das secas no semi-árido e a desorganização dos sistemas produtivos e sociais, relações estas conhecidas mais no seu aspecto qualitativo. Em especial, irá buscar quantificar as relações entre variabilidade climática interanual e intra-sazonal com as safras agrícolas

regionais do semi-árido (e também da Zona da Mata uma vez que também nesta região a previsibilidade climática sazonal é alta), ao fazer uso dos resultados das outras três atividades desta proposta, isto é, os estudos de disponibilidade hídrica, agricultura e modelagem geo-espacial para integração dos dados. Dados censitários serão fundamentais para se estabelecer relações entre variabilidade climática e safras.

### **Atividade 2: Disponibilidade Hídrica**

Início: 01/01/2002 (36 meses)

**Responsável:** Javier Tomasella

#### **Equipe:**

Javier Tomasella, Carlos Nobre, Juan Ceballos, Solange Silva, Marcelo Cid Amorim, José Marengo, Clovis Espírito Santo, Hélio Camargo, Christopher Castro, Marcos Sanches.

#### **Descrição:**

A disponibilidade de água no solo é um dado básico para a estimativa dos efeitos das secas sobre a queda do rendimento agrícola. A conhecimento da quantidade de água no solo é uma informação fundamental no planejamento das atividades agrícolas, no sentido de uma melhor definição das datas de plantio, necessidade de irrigação, produtividade agrícola e eleição do tipo de cultura mais adequada ao clima regional. O conhecimento mais preciso da disponibilidade hídrica é de particular importância no semi-árido brasileiro, onde a variabilidade interanual e sazonal das chuvas tem forte impacto sobre a agricultura de subsistência. Da mesma forma, o excesso de umidade do solo durante a ocorrência de enchentes também provoca quedas na produtividade.

Apesar da importância de informação sobre disponibilidade hídrica, não existem medições regulares e contínuas no tempo e espaço desse parâmetro.

Isto torna necessário o uso de modelos de estimativa de água no solo. O CPTEC já realiza regularmente estimativa de água no solo na área de atuação da antiga Sudene (Souza et al. 2001), em um projeto denominado Proclima (<http://www.cptec.inpe.br/products/proclima>). No Proclima, as estimativas de água no solo baseiam-se na integração de informação pedológica e meteorológica. Nesta atividade, estamos propondo aprimorar as estimativas de água no solo através de uma melhor integração, em um ambiente geo-referenciado, das informações pedológicas e meteorológicas com dados da vegetação.

No Proclima, as informações básicas de solo são obtidas a partir dos dados pedológicos de levantamentos de solos da Embrapa e do Radam Brasil já existentes. Nesses levantamentos, os solos foram amostrados determinando a profundidade dos horizontes, o tipo de solo, tipo de vegetação, etc. Para cada horizonte foram executadas análises físicas (textura, estrutura, etc.) e químicas (matéria orgânica, macro e micronutriente, carbono, etc.). Utilizando funções de

pedo-transferência (Tomasella et al., 2000), os atributos geofísicos do solo podem ser transformados em parâmetros necessários para modelos de simulação de água no solo. Essas informações foram espacializadas em SIG de modo a criar uma camada representando a ocorrência de parâmetros de solo mais freqüente em uma determinada área.

A segunda informação integrada são os dados meteorológicos. Informações meteorológicas amostradas pela rede de plataforma de coleta de dados do INPE e dados da rede sinótica do INMET permitem a estimativa de um parâmetro importante para a disponibilidade hídrica denominado evapotranspiração usando o modelo de Penman-Monteith (Monteith, 1965). O cálculo da evapotranspiração pode ainda ser refinado usando estimativas detalhadas de radiação baseado no uso de sensores remotos (Ceballos e Moura, 1997).

A evapotranspiração, junto com a precipitação, permite o cálculo do balanço de água no solo, que é um indicativo da disponibilidade hídrica no solo. Nesta atividade, as estimativas descritas de estimativa de água no solo serão aperfeiçoadas através da incorporação de mapas de uso do solo para todo o semi-árido na escala espacial de distrito censitário. A evapotranspiração depende fortemente do tipo de vegetação ou tipo de cultura predominante no distrito censitário. Na fase atual de modelagem, o tipo de estimativa está baseado na cultura de referência. Portanto, buscar-se-á refinar e detalhar essas estimativas incorporando os ciclos fisiológicos das culturas predominantes em cada distrito. Paralelamente, a representação dos solos será melhorada mediante a incorporação de levantamentos de solo mais detalhados.

No tocante a melhoria da capacidade observacional, propõe-se, nesta atividade, acrescentar 30 plataformas de coleta de dados hidrometeorológicos automáticas, inclusive com sensores de água no solo, melhorando a rede automática existente a fim de cobrir lacunas no sistema e melhorar o detalhamento em áreas com maior demanda da informação. A capacidade deste modelo de acuradamente representar as variações de água no solo será continuamente verificada e validada a partir das observações desta rede. Além disso, esta atividade irá apoiar a manutenção preventiva e corretiva da rede de estações convencionais (pluviômetros do tipo “de ville de Paris”). Esses pluviômetros, atualmente em operação em um número aproximado de 1250, encontram-se distribuídos na área de atuação da ADENE. Inclui-se na presente proposta 200 pluviômetros para substituir os já existentes que estejam em condições inadequadas de funcionamento. Torna-se importante igualmente apoiar atividades de monitoramento hidrometeorológico nos Estados do Nordeste e norte de Minas Gerais, lembrando que a coleta de dados pelos Estados é a “espinha dorsal” do Proclima, assim como prover transferência de tecnologias aos Estados participantes.

### ***Atividade 3 - Agricultura, Usos da Terra e Indicadores Sociais***

Início: 01/01/2002 (36 meses)

***Responsável:*** Eduardo Assad

**Equipe:** Eduardo Assad, Javier Tomasella, Gilberto Camara, Marcelo Cid Amorim

### **Descrição**

A noção de produção agrícola potencial tem aplicação essencialmente no zoneamento agroclimático, o que pode auxiliar na definição de políticas agrícolas considerando a variabilidade espacial dos fatores do meio ambiente. A produção potencial pode ser definida como a que é obtida considerando-se os fatores do meio físico sobre os quais o agricultor não tem possibilidade de ação, principalmente os relacionados ao clima quando os outros fatores determinantes (fertilidade do solo, material genético, etc.) são fixados em níveis não limitantes.

A identificação de diferenças entre a produção observada e a produção potencial forma a base necessária para diagnosticar os problemas limitantes, e indica a possível margem de ganho advinda da eliminação destas limitações. Nesse sentido, esta atividade pretende aprimorar as relações existentes entre produtividade potencial e produtividade observada ou real. Para tal fim, é necessário estabelecer relações entre a queda de produtividade agrícola para as principais culturas do semi-árido e déficit de água no solo ou disponibilidade hídrica, o que leva ao desenvolvimento de um modelo de estimativas de safra agrícola.

Nesta atividade será desenvolvido e ajustado um modelo de estimativa de safra agrícola para a Região Nordeste, usando dados do balanço de água no solo explicitado na Atividade 2. Uma das abordagens mais utilizadas em área de grande extensão está baseada em relações simples entre produtividade relativa e taxa relativa de evapotranspiração (Timlin et al., 2001).

A variabilidade climática da Região Nordeste obrigará a definição de datas de plantio diferentes em cada microregião. Dados de precipitação e dos levantamentos de solos da EMBRAPA serão assimilados em um sistema georeferenciado (sistema SPRING), visando à integração da informação com os censos agrícolas do IBGE. Imagens LANDSAT permitirão classificar as áreas de maior importância agrícola, e a identificação das vocações de cada região. A perda de safra estimada pelo modelo será comparada com as estimativas de perdas obtidas de censos do IBGE e das EMATER estaduais. No desenvolvimento do trabalho, a principal fase será a validação dos modelos agroclimáticos das culturas envolvidas. Esta validação será estruturada a partir de estudos e análises de bibliografias, buscando consistências no respaldo dos parâmetros ecofisiológicos e agroclimáticos das principais culturas agrícolas do semi-árido.

A modelagem de perda de safra usando séries históricas permitirá quantificar a viabilidade econômica de algumas culturas de sequeiro, bem como uma melhor definição do zoneamento agrícola da região. Esses fatores encontram-se fortemente ligados a indicadores de desenvolvimento sócio-econômico da região.

## ***Atividade 4 - Análise, Integração e Modelagem Geo-Espacial***

Início: 01/01/2002 (36 meses)

Responsáveis: Gilberto Câmara, Luiz Bevilacqua

Equipe: Gilberto Camara, Luiz Bevilacqua, Raul Feijoo, Carlos Nobre, Javier Tomasella, Eduardo Assad, Antonio Miguel Monteiro

### ***Descrição***

Para capturar a resposta de sistemas complexos a forçantes climáticas, é necessário descrever componentes ambiental-biogeofísicos e sócio-econômicos de uma maneira integrada. O módulo ambiental-biogeofísico deve ser integrado a um modelo econômico, incluindo aspectos institucionais, e que, por sua vez, está relacionado com um modelo demográfico. O modelo sócio-econômico será integrado em uma série de submodelos em duas escalas: micro e macro.

A nível micro, a alocação de recursos será modelada através de um modelo que se baseia na dinâmica de uso do solo levando em conta variáveis tais como tipo de solo, infra-estrutura e fatores climáticos. Este modelo de microescala é sensível a uma série de demandas geradas pelo modelo de macroescala. Nesse contexto, os efeitos de incentivos governamentais tais como ações emergenciais, transitórias e permanentes de convivência com a seca, deverão ser adequadamente quantificados. Por sua vez, essas demandas locais retornam ao modelo de escala macro de maneira a refletir os efeitos das condições locais sobre atividades produtivas a um nível regional. No caso do semi-árido, será estudado o impacto das ações governamentais sobre as atividades econômicas da região.

Este tipo de modelagem que integra sistemas naturais com dimensões humanas tem sido aplicado com sucesso em variados contextos (Engelen et al. 1998; White and Engelen, 1999; White et al., 2001). A vantagem da utilização de modelos multi-escala é a possibilidade de integrar com SIG, o que permite um “acoplamento harmonioso” com as atividades previstas na modelagem da componente biogeofísica.

O modelo de micro-escala será integrado a modelos de macro-escala, essencialmente modelos demográfico e econômico. O modelo demográfico identifica taxas de mortalidade, fertilidade e padrões de migração interna. O modelo econômico, entretanto, captura a inter-relação entre setores econômicos, de maneira a entender de que maneira mudanças em um setor propagam-se para todas as atividades econômicas. As mudanças populacionais e nas atividades econômicas serão traduzidas em mudanças de produtividades e, portanto, no uso da terra.

### **Integração das atividades nos programas governamentais do Ministério do Desenvolvimento Agrário.**

O modelo integrado das componentes ambiental-biogeofísico e sócio-econômico será utilizado como ferramenta de **gestão** e de **planejamento**. Utilizando os

cenários produzidos tanto por modelos de previsão climática, os quais conseguem prever com antecedência de até seis meses a ocorrência de chuvas acima ou abaixo da média histórica, quanto por modelos de cálculo de água no solo, poderá se avaliar o impacto desses cenários sobre a disponibilidade hídrica, o que afeta diretamente as atividades econômicas.

Desta forma, a modelagem integrada poderá ser usada como modelo de **gestão** de eventos extremos que periodicamente afetam o semi-árido. Ao mesmo tempo, os modelo econômico permitirá estudar os efeitos de diferentes incentivos através de ações governamentais, o entender como essas ações irão se propagar no sistema.

Ao mesmo tempo, poderão ser estudos diferentes cenários visando à identificação de alternativas econômicas para o semi-árido, auxiliando no **planejamento** de políticas sustentáveis para a região.

Um dos primeiros produtos criados por este projeto será um sistema de acesso e manuseio de informações geo-referenciadas para todos os municípios do Nordeste, que chamaremos de “Mosaico Nordeste”. Esta base de dados geo-referenciadas conterá informações sobre o meio físico e dados sócio-econômicos. O “Mosaico Nordeste” será adicionado aos recursos da “Sala de Situação”. Gradualmente, as bases de dados migrarão para a escala de distritos censitários, normalmente com mais alta resolução espacial em comparação com dados agregados para municípios.

Os produtos gerados a partir dos modelos terão um grande número de aplicações práticas de extrema importância para o Ministério de Desenvolvimento Agrário:

- Na gestão de recursos públicos no convívio com fenômenos climáticos extremos, tais como enchentes e secas, no sentido de verificar o grau de criticidade de municípios em estado de emergência (veracidade da decretação de emergência) e dessa maneira aumentar a eficiência da utilização dos recursos.
- No levantamento de ações emergenciais, processo tradicionalmente sujeito a fortes pressões e entraves, e que a maioria das vezes é feito com ausência de critérios técnicos.
- Na concessão de créditos em condições facilitadas para produção agropecuária. Neste aspecto, modelos de produtividade agrícola desempenham papel muito importante.
- Na definição de culturas mais apropriadas para os pequenos assentamentos, de maneira a aumentar a rentabilidade dos pequenos produtores e diminuir os riscos de colapso na produção agrícola.
- Na sustentabilidade do sistema através de uma escolha mais apropriada dos métodos de exploração agrícola, minimizando o êxodo rural e a tensão social no campo.

- Nessas atividades, a “Sala de Situação” proposta no programa de convívio com a seca é de extrema importância, pois será um mecanismo permanente de consulta de tomadores de decisão.

***Atividade 5 - Programa Piloto de Monitoramento Ambiental em Assentamentos e Pequenas Comunidades Rurais.***

Início: 01/01/2002 (36 meses)

Responsáveis: Marcelo Cid Amorim, Fábio Loyolla

Equipe: Marcelo Cid Amorim, Fábio Loyolla, Javier Tomasella, Flávio Magina, Jorge de Melo

A fim de favorecer a permeabilidade dos resultados das pesquisas junto ao produtor, esta atividade tem como objetivo implementar um programa de monitoramento ambiental junto a pequenas comunidades rurais baseadas na agricultura familiar, principalmente os assentamentos da Reforma Agrária. A atividade procura atingir dois objetivos básicos:

- Aumentar a capacidade de monitoramento ambiental em pequenas comunidades visando auxiliar políticas de gestão e planejamento;
- Envolver pequenas comunidades em atividades de cunho técnico, visando, através de um processo educativo, que elas entendam qualitativa e quantitativamente o meio ambiente em que vivem de modo a que possam incorporar, mesmo subjetivamente, a importância da sustentabilidade do sistema.

Para tal fim estamos propondo instalar 100 postos meteorológicos simples, de baixo custo de instalação e manutenção. Essas estações ficarão alocadas em pequenas localidades, assentamentos ou comunidades rurais e serão operadas pelas próprias comunidades locais.

Estes postos meteorológicos contarão com medidores de chuva, temperatura máxima/mínima, temperatura média e umidade do ar convencionais, de menor custo.

O CPTEC irá disponibilizar uma linha 0800 para que diariamente essas informações sejam transmitidas ao CPTEC. O observador responsável na comunidade irá fazer diariamente medições, as que serão repassadas através da linha 0800 ao CPTEC. Além disso, o CPTEC dará treinamento e apoio na operação do sistema, conscientizando as comunidades sobre a importância da informação meteorológica.

Dessa forma, programas governamentais como o PRONAF, através da “Sala de Situação” do programa de convívio com a seca, poderão receber informações atualizadas sobre a situação climática nos assentamentos e pequenas comunidades rurais. Ao mesmo tempo, o maior contato de comunidades rurais com a área técnica, irá favorecer a incorporação e assimilação de novas tecnologias de monitoramento ambiental. Para tanto, será desenvolvido material

didático de treinamento das comunidades em técnicas ambientais. Ensinando também a utilizar a internet para acessar portais com informações úteis para suas atividades produtivas (por exemplo, aprendizado de como utilizar as previsões de tempo do CPTEC no dia a dia da atividade agrícola). Este material será desenvolvido utilizando técnicas modernas de multimídia e pedagógicas sobre o uso da internet na melhoria do ensino. O material será disponibilizado através de CD-Rom e parte do pressuposto de que a informática e a internet serão de acesso a todas estas comunidades, de acordo com políticas do MDA de informatização da agricultura familiar.

Este tipo de atividade de monitoramento ambiental “comunitário” é uma experiência aplicada com sucesso pelo centro de meteorologia do Estado de Alagoas entre grandes usinas de cana de açúcar para grandes produtores. Nesta proposta pretendemos envolver pequenas comunidades em aplicações tecnológicas.

## 5. Instituições Participantes e Modelos de Cooperação

Para atingir as metas do projeto, quatro instituições concordaram em unir esforços de acordo com suas respectivas competências: (a) Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - **CPTEC** - (variabilidade e mudanças climáticas, impactos ambientais, física e química da geoesfera e biosfera, modelos matemáticos da atmosfera, oceanos e superfície) (b) Laboratório Nacional de Computação Científica - **LNCC** - (matemática aplicada, modelos computacionais, visualização científica); (c) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - **INPE** - (sensoriamento remoto, bases de dados espaciais, sistemas de informação geográfica); (d) Instituto de Pesquisas Econômicas Avançadas - **IPEA** - (modelos econômicos, análise de políticas públicas, impactos e interações sociais); (e) Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – **EMBRAPA** – (zoneamento agroclimatológico, agricultura no semi-árido).

A escolha das instituições cooperantes foi feita de forma a englobar um número significativo dos aspectos científicos motivadores relativos a *idée-force* de sustentabilidade. Todas as instituições têm atividades de pesquisas convergentes levando a uma interação promissora para elaborar modelos mais compreensivos, completos e confiáveis. Adicionalmente, a participação do INPE e do LNCC visa garantir que suporte substancial seja dado para o desenvolvimento de modelos matemáticos, sistemas de informação geográfica e bases de dados espaciais. Neste último aspecto, INPE e LNCC contribuirão (1) para a melhoria dos modelos existentes, (2) na elaboração de novos modelos integrados sócio-naturais, (3) na disseminação e reprodução dos resultados obtidos.

A tabela a seguir indica os pesquisadores líderes do Projeto

NOME	ÁREA/ESPECIALIDADE	INSTITUIÇÃO	COMENTÁRIOS
Carlos A. Nobre	Meteorologia /Previsão Climática	CPTEC	Coordenador Geral do CPTEC
Luiz Bevilacqua	Matemática/ Modelagem Computacional/ Gerente Pesquisa	LNCC	Coordenador da PG em Modelagem Computacional no LNCC
Gilberto Camara	GIS/Sensoriamento Remoto/Computação/	INPE	Coordenador Geral de Observações da Terra do INPE
Javier Tomasella	Modelos Hidrológicos	CPTEC	Coordenador do PROCLIMA
Eustaquio Reis	Modelos Econômicos /Políticas Públicas/ Economia Ambiental/	IPEA	Diretor de Planejamento Macro-Econômico
Raul Feijoo	Modelagem Computacional	LNCC	Pesquisador Sênior CNPq
Eduardo Assad	Agrometeorologia	EMBRAPA	Coordenador Técnico do Zoneamento de Risco Climático para Agricultura

#### Referências Bibliográficas

- Ceballos, J. C., and G. B. A. Moura. 1997. Solar radiation assessment using Meteosat 4-VIS imagery. *Solar Energy* 60: 209-219.
- Engelen, G., Uljee, I., White, R. 1998. Vulnerability Assessment of low-lying coastal areas and small islands to climate change and sea level rise. Report UNEP CAR/RCU. Kingston. Jamaica.
- Nobre, P. and J. Shukla (1996). "Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America." *J. Climate* 9: 2464-2479.
- Pezzi, L. and I. F. A. Cavalcanti (2000). "The relative importance of ENSO and tropical Atlantic seas surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study." *Climate Dynamics*

17: 205-212.

Souza, S. S., J. Tomasella, M. G. Gracia, M. C. Amorim, P. C. P. Menezes and C. A. Moreira (2001). "O programa de monitoramento climático em tempo real na área de atuação da Sudene - Proclima." *Boletim da Soc. Bras. Met* 25(1): 15-24.

Timlin, D.J., Pachevsky, Y., Snyder, V.A., and R.B. Briant. 2001. Moisture deficits and corn grain yields under variable rooting depths.

Tomasella, J., M.G. Hodnett, L. Rossato. 2000. Pedo-transfer functions for soil water retention in Brazilian soils. *Soil Science Society of America Journal*, 64:237-338.

White and Engelen. 1999. Cellular dynamics and GIS: Modelling spatial complexity. *Geographical Systems*, 1:237-253.

White R., Engelen G., and Uljee I., 2001. Modeling Land use Change with Linked Cellular Automata and Socio-economic Models, in: 'Spatial Information for Land Use Management', Gordon and Breach (in press).

Item	Qde.	Preço unitário	Subtotal
<b>Atividade 1 Variabilidade Climática e Previsão Sazonal</b>			
Aquisição de sistemas computacionais para armazenamento de dados de previsão climática	1	60000	60000
Organização de reuniões	3	15000	45000
Aquisição de bases de dados climáticos do INMET	1	55000	55000
Serviços de terceiros p/ modelagem de interações entre variabilidade climática e sistemas agrícolas e sociais (3 profissionais: um pesquisador em meteorologia, um meteorologista e um analista de sistemas)	3 anos	90000	270000
<b>Subtotal 1</b>			<b>430000</b>

## Atividade 2 Disponibilidade Hídrica

### 2.1 Investimentos na melhoria e ampliação das atividades de monitoramento ambiental no semi-árido

Manutenção de atividades de monitoramento no CPTEC			400000
--	--	--	--------

Manutenção de redes de pluviômetros convencionais das redes estaduais

Aquisição de pluviômetros sobressalentes 200 600 120000

Diárias e passagens para manutenção de 1250 pluviômetros em 10 estados 700 65 45500

Combustível e passagens para manutenção de pluviômetros das redes estaduais 25000

Melhoria na infra-estrutura de coleta, e disseminação das redes observacionais dos Estados 10 20000 200000

**Subtotal 2.1 790550**

## **2.2 Investimento na automatização da rede observacional hidrometeorológica**

Estações meteorológicas automáticas 30 50000 1500000

Diárias para instalação das estações automáticas (2 pessoas) 150 120 18000

Passagens para instalação das estações automáticas 30 800 24000

**Subtotal 2.2 1542000**

**Subtotal 2 2332550**

### **Atividade 3 - Agricultura, Usos da Terra e Indicadores Sociais**

Desenvolvimento e melhoria do banco de dados sócio-econômico, expansão de informações satelitárias para estimativa de uso da terra e vegetação e modelagem de perdas agrícolas	3 anos	150000	450000
--	--------	--------	--------

<b>Subtotal 3</b>			<b>450000</b>
-------------------	--	--	---------------

### **Atividade 4 Análise, Integração e Modelagem Geo-Espacial**

Reuniões de integração entre os diversos subcomponentes do modelo integrado	3	15000	45000
---	---	-------	-------

Serviços de terceiros para desenvolvimento de modelo integrado (3 profissionais: dois doutores e um analista de sistemas)	3 anos	100000	300000
---	--------	--------	--------

Desenvolvimento e integração de bancos de dados no SIG	3 anos	50000	150000
--	--------	-------	--------

Desenvolvimento do “ Mosaico do Nordeste”, com agregação de bases de dados			50000
--	--	--	-------

<b>Subtotal 4</b>			<b>545000</b>
-------------------	--	--	---------------

### **Atividade 5 Programa Piloto de Monitoramento Ambiental em Assentamentos e Pequenas Comunidades Rurais**

Estações de monitoramento convencionais	100	1000	100000
Diárias para atividades de treinamento e instalação	200	120	24000
Passagens	20	1000	20000
Despesas de operação do sistema			20000
Elaboração de material didático, com uso de multimídia, para treinamento de comunidades em técnicas agrometeorológicas e ambientais			60000

**Subtotal 5**

**224000**

**Total Geral**

**39815  
50**