

Levantamento bibliográfico e disponibilização de valores de coeficientes de cultura (K_c) para as condições do Brasil

ANA/Embrapa

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque (coord.)

III INOVAGRI – Fortaleza, CE – 02/09/2015



Milho e Sorgo

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

OBJETIVOS

- Fazer levantamento bibliográfico de valores de coeficientes de cultura (K_c) para as condições brasileiras;
- Obter valores de K_c para condições gerais (FAO 56) para localidades que possuem apenas dados parciais ou inexistentes, em função do tipo de cultura e época de plantio;
- Criar e disponibilizar via Web uma base de dados de valores de coeficientes de cultura (K_c) para as principais culturas irrigadas nos principais polos de irrigação brasileiros;
- Fornecer subsídios para políticas de outorga do uso da água e dos planos de recursos hídricos e de irrigação.

Metodologia

- **1. Levantamento bibliográfico de valores de coeficientes de cultura (K_c) para as condições brasileiras:**
- Como primeira ação do projeto será realizado um levantamento exaustivo de todos os trabalhos de coeficientes de cultura (K_c) já elaborados para as condições brasileiras, levando-se em conta os principais polos brasileiros de agricultura irrigada. Entretanto, isso seguirá as etapas, de acordo com o foco sobre o tipo de cultura:
- Culturas de ciclo anual: milho, feijão, sorgo, trigo, soja, algodão, arroz, girassol e principais hortaliças;
- Culturas energéticas de ciclo curto: cana-de-açúcar;
- Culturas de ciclo perene: café, citros, uva e manga..

Metodologia

- **2. Montagem da base de dados de valores de K_c de dados da literatura:**
- A montagem da base de dados obedecerá ao critério da localidade (município ou região dentro de uma unidade da federação, obedecendo-se os polos de irrigação), da cultura e da época de plantio. As fases (estádios) das culturas serão divididas em tantas quanto forem necessárias, em função do trabalho de pesquisa original; o padrão FAO são quatro fases distintas.

Metodologia

- **3. Montagem da base de dados de valores de Kc oriundos da metodologia FAO-56:**
- Para aquelas localidades não contempladas com dados de Kc, esses poderão ser estimados de acordo com a metodologia do manual FAO 56 (Allen et al., 1998). Para isso, uma base de dados será montada para as culturas mais comuns constantes no manual. Os valores de Kc poderão variar segundo o estágio da cultura, o clima local (basicamente, velocidade do vento e umidade relativa mínima) e o tipo de preparo do solo.

Metodologia

- **4. Projeto e desenvolvimento de um aplicativo Web para consulta a base de dados de coeficientes de cultura:**
- O aplicativo Web será desenvolvido de acordo com metodologias padrão da Embrapa, com base no Modelo Corporativo de Processos de Software da Embrapa.

PRODUTOS

- Bases de dados de valores de coeficientes de cultura (K_c) para as condições brasileiras, para as culturas constantes no item a da Metodologia;
- Aplicativo Web para consulta a base de dados de K_c ;
- Documentos referentes à utilização do sistema de busca de valores de K_c via web;
- Relatório técnico final do projeto de pesquisa.

Antecedentes

- Proposta de livro após discussão com o Prof. Luís Pereira, Prof. Folegatti, Rubens Sonsol e Paulo E. P. Albuquerque, durante o XIV CONIRD, em Porto Alegre (2004):
- Tópicos:
 - 1) **Determinação da evapotranspiração de referência (ET_o):**
 - Métodos de cálculo (adicionar tanque classe A e coeficiente de tanque – K_p)
 - Mapeamento de ET_o por mês (com probabilidades de 25%, 50% e 75%)

Antecedentes

➤ Tópicos:

- 2) Teoria do coeficiente de cultura (K_c) :
- Ajuste do K_c -ini pelo clima
- Ajuste do K_c -ini pelo manejo da aplicação de água (frequência de umedecimento do solo - F) e pelo manejo agrícola
- Curva do K_c
- Fases (datas) definidas de acordo com as regiões climáticas e para as culturas perenes (uva, laranja etc.) em função do manejo
- Definição do K_c -mid em função das condições climáticas (RH e U_2) em função da condição padrão de $RH = 45\%$ e $U_2 = 2$ m/s
- Definição do K_c -end como apresentado para o K_c -mid
- Apresentar os K_c -ini (gráficos, tabelas e/ou equações) para $F = 3$? dias (ex.: pivô central, localizada) e para $F = 7$? dias (ex.: aspersão convencional, superfície) para condições de ETo de 3, 5 e 7 ? mm/dia.

Antecedentes

➤ Tópicos:

- 2) Continuação:
- Correção do Kc-mid:
- pela equação da produtividade: $1 - Y/Y_m = K_y.(1 - ET_c/ET_m)$
- Tabela do K_y
- Obter o K_s e K_s(condição salina)
- Tabelar o K_c para **clima seco** e **clima úmido**, de acordo com a **condição potencial, moderada e baixa tecnologia**
- Mapear os valores de K_c (milho, sorgo, feijão, arroz etc.)

Antecedentes

➤ Tópicos:

➤ 3) **Balanço Hídrico:**

- Evapotranspiração (ET)
- Escoamento superficial (P)
- Lâmina de irrigação (I) em função do método empregado
- Drenagem profunda (DP) – estimado pelo balanço
- Ascensão capilar (AC) – quando há um lençol freático (LF) superficial
- Fração de lixiviação (LF)
- O solo: CAD ou CTA (TAW) e CRA (RAW) e f (fator de disponibilidade)

Antecedentes

- ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS DE **COEFICIENTES DE CULTURA (Kc)** NA PÁGINA WEB DA *EMBRAPA E DA ANA* COM LINKS EM OUTRAS PÁGINAS:
- **1. Organização:**
 - cadastramento (através de email e senha) do usuário interessado em alimentar a base de dados com informações;
 - filtragem manual (checagem) do usuário cadastrado pelo administrador da base de dados (Embrapa Milho e Sorgo);
 - liberação (autorização) do usuário cadastrado;
 - alimentação da base de dados pelo usuário cadastrado e autorizado;
 - acesso às informações registradas na base de dados por qualquer usuário interessado.

Antecedentes

- ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS DE **COEFICIENTES DE CULTURA (Kc)** NA PÁGINA WEB DA *EMBRAPA E DA ANA* COM LINKS EM OUTRAS PÁGINAS:
- **2. Cadastramento do informante:**
 - Cadastramento do informante:
 - nome completo;
 - instituição a que pertence;
 - endereço completo (rua/av. etc., bairro, complemento, cidade, estado);
 - telefone e fax;
 - email e senha para acesso ao envio de informações para a base de dados.

Antecedentes

- ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS DE **COEFICIENTES DE CULTURA (K_c)** NA PÁGINA WEB DA *EMBRAPA* E DA *ANA* COM LINKS EM OUTRAS PÁGINAS:
- **3. Base de dados:**
 - Cultura;
 - Época de semeadura/plantio;
 - valores de K_c de acordo com a fase/dias após emergência/semeadura etc.;
 - região(ões) brasileira(s) recomendada(s) para utilização;
 - condições/limitações de uso;
 - referência bibliográfica;
 - nome do informante cadastrado.
 -

Antecedentes

- ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS DE **COEFICIENTES DE CULTURA (K_c)** NA PÁGINA WEB DA *EMBRAPA* E DA *ANA* COM LINKS EM OUTRAS PÁGINAS:
- **4. Saída de informações:**
 - Escolher a cultura;
 - Escolher a região/local do Brasil;
 - Mostrar todas as informações cadastradas do K_c;
 - Opção para apresentar valores generalizados de K_c segundo manuais 24 e 56 da FAO;
 - Opção para impressão das informações obtidas.
 -

Antecedentes

- ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS DE **COEFICIENTES DE CULTURA (K_c)** NA PÁGINA WEB DA *EMBRAPA E DA ANA* COM LINKS EM OUTRAS PÁGINAS:
- **5. Geração de relatórios (de visitantes):**
 - Dia e hora de acesso;
 - Número do computador que solicitou as informações etc.;
 - Número de visitantes.

Exemplo

- 1) ENTRADA PELO INFORMANTE:
- Cultura: **feijão**
- Estado brasileiro para aplicação: **São Paulo**
- Época de plantio/semeadura (mês - 1 a 12 ou qualquer): **qualquer**
- Especificar o número de fases do ciclo da cultura (1 a 13 - padrão: 4 fases):
6
- Para cada fase, especificar o número de dias de duração:
- **Fase 1: 11; Fase 2: 20; Fase 3: 21; Fase 4: 10; Fase 5: 11; Fase 6: 22**
- Para cada fase especificada, entrar com o valor de Kc no formato x,xx:
- **Fase 1: 0,58; Fase 2: 0,68; Fase 3: 0,94; Fase 4: 1,26; Fase 5: 1,41; Fase 6: 1,22**
- Referência bibliográfica: **Bergamaschi et al. (1989)**
- Colocar observações (?) – como condições/limitações de uso: **?**
- Nome do informante cadastrado: **Paulo Emílio P. de Albuquerque**

Exemplo

➤ 2) ENTRADAS PELO USUÁRIO:

➤ **Cultura:** Feijão

➤ **Estado:** São Paulo

➤ **Mês de Plantio:** Qualquer



Exemplo

➤ 3) SAÍDAS PARA O USUÁRIO:

Ocorrência 1		
Cultura:		FEIJÃO
Estado:		SÃO PAULO
Mês do plantio:		QUALQUER
Fase da cultura	Duração da fase (dias)	Valores de Kc
1	11	0,58
2	20	0,68
3	21	0,94
4	10	1,26
5	11	1,41
6	22	1,22
Condições de uso/limitações:		Esses dados são recomendados apenas para a região oeste do Estado de São Paulo
<u>Referência bibliográfica:</u> BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; LIBARDI, P.L.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R. Deficiência hídrica em feijoeiro. III. Evapotranspiração máxima e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a evaporação do tanque "Classe A". Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.24, p.387-392, 1989.		

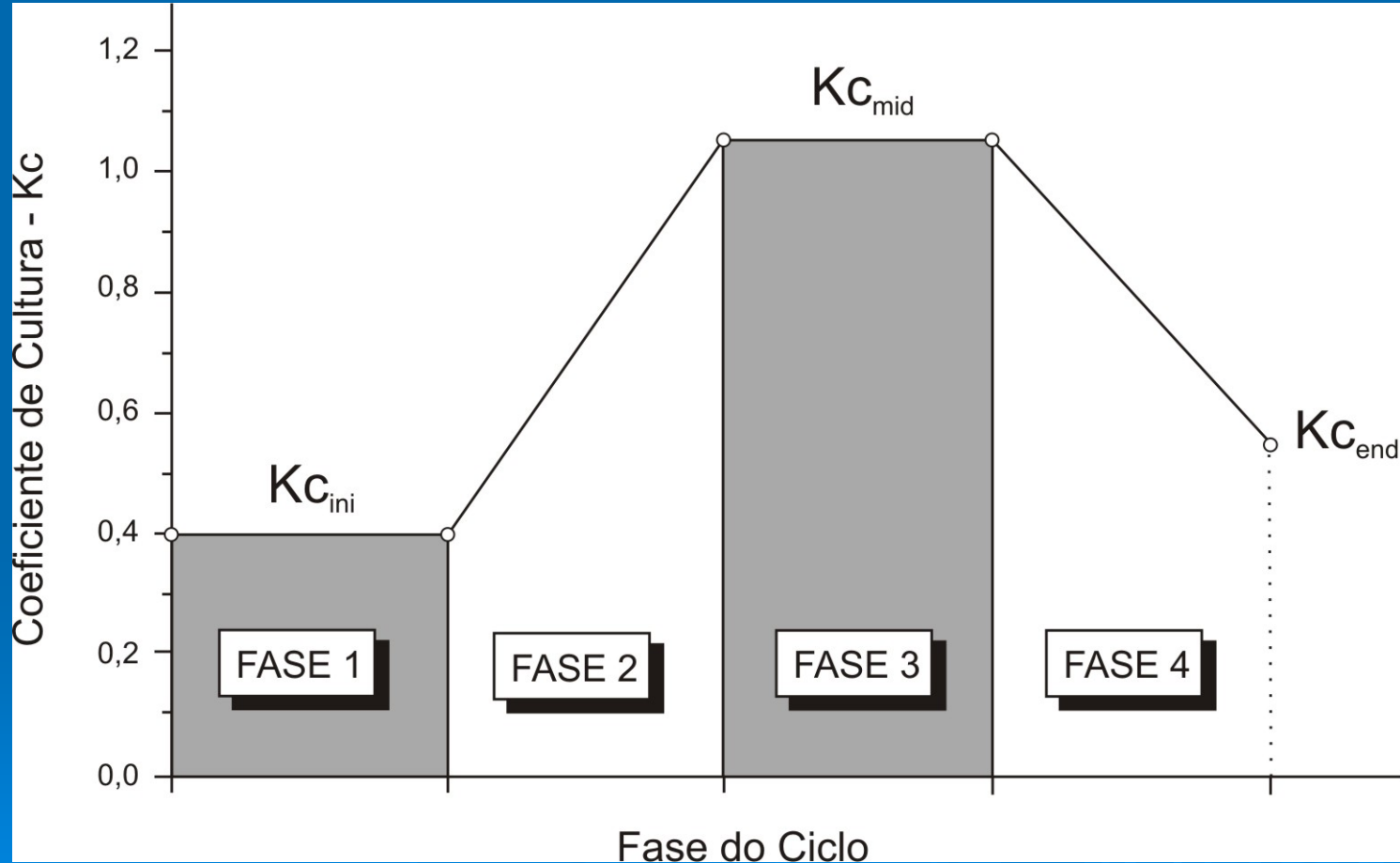
Imprimir?

Exemplo

➤ Observações:

- A entrada de dados pelo usuário para fazer a BUSCA seriam somente de 3 itens, a saber:
- Cultura: com número máximo indeterminado, que dependerá do cadastro feito pelo informante
- Estado brasileiro: em número de 26, mais a opção “todos”
- Mês do plantio: em número de 12 (1 a 12) mais a opção “qualquer um”

Curvas típicas do K_c para culturas de ciclo anual:



Determinação do **Kc-ini**:

- O **Kc-ini** é função do intervalo médio de eventos (chuva ou irrigação) de umedecimento da superfície do solo e também da demanda evaporativa da atmosfera (mensurada pela ETo), além da magnitude do evento.
- Uma simplificação para obter o Kc-ini foi realizada por Albuquerque (2000), através de uma equação de ajuste para a família de curvas, mostrada por Doorenbos e Pruitt (1977).

Fórmula para o **Kc-ini**:

$$\text{Kc-ini} = 1,41704 - 0,092412.ET_o - 0,11001.F + 0,0042672.ET_o^2 + 0,0033743.F^2 + 0,00028724.ET_o.F$$

ET_o = evapotranspiração de referência (mm/dia);

F = frequência de umedecimento da superfície do solo (dias).

Interferência do Preparo do Solo sobre o **Kc-ini**:

- O método de Preparo do Solo também pode interferir sobre os valores do Kc-ini;
- Normalmente, o **Plantio Direto** com Cobertura Morta (restos culturais, palhada etc.) minimiza a perda de água por evaporação da superfície do solo, o que pode reduzir os valores de **Kc-ini** para patamares em torno de **0,40 – 0,50**.

Determinação do **Kc-mid**:

- Os efeitos da diferença das propriedades aerodinâmicas entre a grama como cultura de referência e as culturas agrícolas não são apenas intrínsecas à planta em si, mas também variam com as **condições climáticas** e a **altura da cultura**.
- **Clima mais árido e condições de velocidade de vento maiores** originarão **maiores Kc-mid** e o inverso ocorrerá com clima mais úmido e menores velocidades de vento.

Fórmula para o **Kc-mid**

(e **Kc-end** > 0,45):

- Segundo Allen et al. (1998), há um valor de Kc-mid tabelado, para uma condição climática padrão de umidade relativa mínima do ar diária (*URmin*) de 45% e velocidade do vento diária a 2 m de altura (*u₂*) de 2 m/s. Portanto, a correção desses valores obedece à seguinte expressão em função das variáveis *URmin* e *u₂*:

$$\mathbf{Kc-mid} = \mathbf{Kc-mid\ (tab)} + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(URmin - 45)].(h/3)^{0,3}$$

Kc-mid (tab) = valor do coeficiente de cultura tabelado para condição padrão;

u₂ = valor médio da velocidade do vento diário a 2 m da superfície, durante a fase 3 (m/s);

URmin = valor médio da umidade relativa mínima diária durante a fase 3 (%);

h = altura média da planta durante a fase 3 (m).

Tabelas de Kc (FAO-56):

Coeficientes de cultivo (Kc) e médias de altura máxima de plantas (h), para cultivos sob uma condição padrão de $UR_{min} = 45\%$ e $u_2 = 2 \text{ m/s}$

cultura	Kc-ini*	Kc-mid	Kc-end	Altura (h) - m
Feijão	0,40	1,15	0,35	0,4
Feijão caupi		1,05	0,35	0,4
Soja		1,15	0,50	0,5 – 1,0
Algodão	0,35	1,15 – 1,20	0,70 – 0,50	1,2 – 1,5
Mamona		1,15	0,55	2,0
Milho		1,20	0,35	2,0
Sorgo		1,00 – 1,10	0,55	1,0 – 2,0
Trigo		1,15	0,25	1,0

Valores de **Kc-ini** para o Cerrado:

Valores mensais mínimos, médios e máximos de coeficientes de cultura na fase inicial (Kc-ini) para culturas anuais apresentados para o Cerrado brasileiro, de acordo com o método do manual 24 da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977) adaptado por Albuquerque e Andrade (2001)

mês	Valores do Kc-ini*		
	mínimo	médio	máximo
Janeiro	0,68	0,73	0,82
Fevereiro	0,69	0,73	0,82
Março	0,69	0,74	0,80
Abril	0,70	0,76	0,80
Maio	0,72	0,78	0,83
Junho	0,71	0,79	0,85
Julho	0,68	0,78	0,84
Agosto	0,64	0,74	0,80
Setembro	0,62	0,72	0,77
Outubro	0,66	0,72	0,76
Novembro	0,66	0,72	0,78
Dezembro	0,69	0,73	0,80
Média Geral	0,68	0,74	0,81

- * Os valores apresentados de Kc são para uma frequência de irrigação - F (turno de rega) de 4 dias. Se $F < 4$ dias, adicionar 0,09 ao valor de Kc para cada dia a menos.
Se $4 < F \leq 8$ dias, subtrair 0,07 ao valor do Kc para cada dia a mais.
Se $8 < F \leq 10$ dias, subtrair 0,06 ao valor do Kc para cada dia a mais

Valores de **Kc-mid** para o Cerrado:

Valores mensais mínimos, médios e máximos de coeficientes de cultura da fase 3 (Kc-mid) para o milho apresentados para Cerrado brasileiro, de acordo com o método do manual 56 da FAO (Allen et al., 1998)

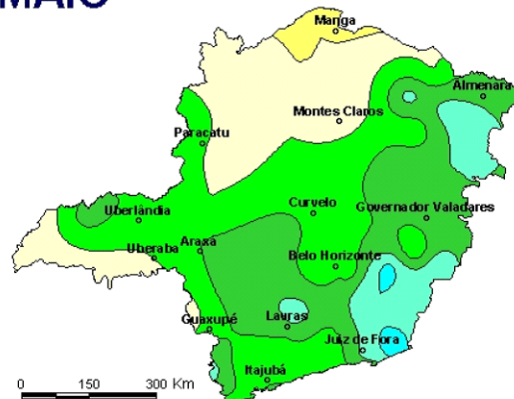
mês	Valores do Kc-mid		
	mínimo	médio	máximo
Janeiro	1,00	1,10	1,17
Fevereiro	1,03	1,10	1,20
Março	1,05	1,11	1,16
Abril	1,04	1,11	1,16
Maio	1,04	1,13	1,19
Junho	1,07	1,15	1,21
Julho	1,09	1,18	1,23
Agosto	1,09	1,20	1,26
Setembro	1,06	1,19	1,25
Outubro	1,05	1,15	1,21
Novembro	1,04	1,12	1,19
Dezembro	1,03	1,10	1,20
Média Geral	1,05	1,14	1,20

Mapas com valores de **Kc-mid** para o milho em 4 meses para o Estado de **MG**

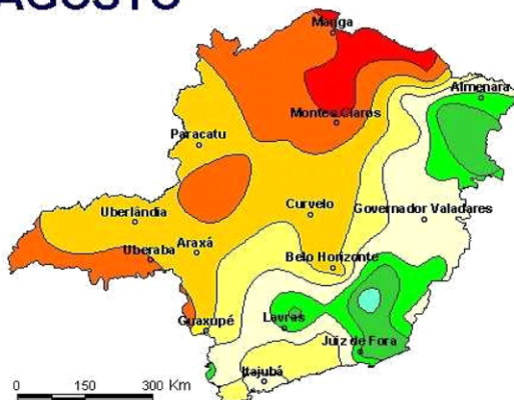
FEVEREIRO



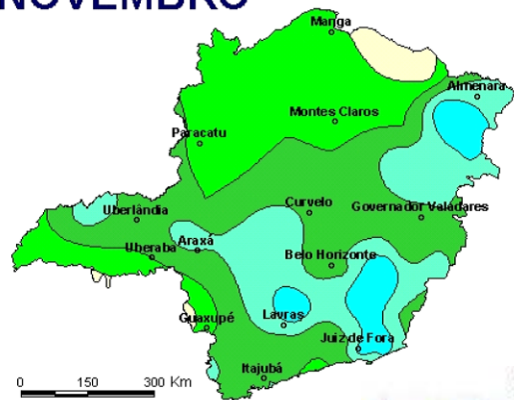
MAIO



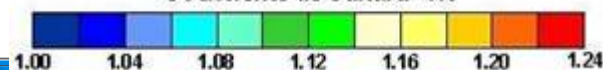
AGOSTO



NOVEMBRO



Coefficiente de Cultura - Kc



Planilhas Excel para manejo de irrigação e programa Web (“IrrigaFácil”)

Valores de K_c escolhidos de
acordo com a demanda
evaporativa – método manual
FAO/56 adaptado

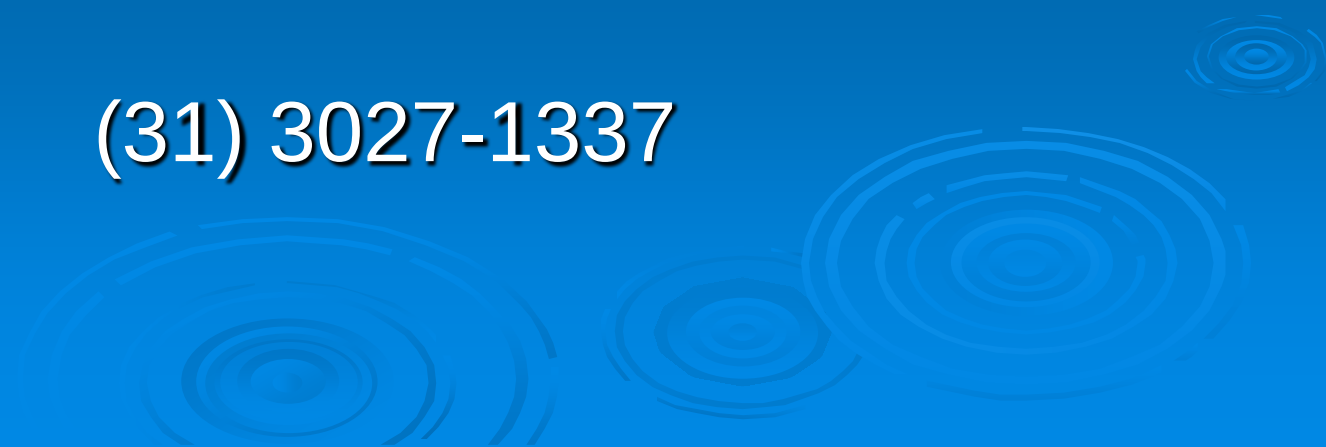
Página de teste IrrigaFácil via web:

<http://apphomoext.cnpms.embrapa.br/irrigaweb/>

Obrigado.

paulo.albuquerque@embrapa.br

(31) 3027-1337

The background of the slide features several concentric, light blue circular ripples, resembling water droplets, scattered across the lower half of the image.