

Estações hidrometeorológicas automáticas: classificação por critérios de prioridade para a rede de monitoramento da Epagri/Ciram



Governador do Estado
João Raimundo Colombo

Vice-Governador do Estado
Eduardo Pinho Moreira

**Secretário de Estado da
Agricultura e da Pesca**
Moacir Sopelsa

Presidente da Epagri
Luiz Ademir Hessmann

Diretores

Ivan Luiz Zilli Bacic
Desenvolvimento Institucional

Jorge Luiz Malburg
Administração e Finanças

Luiz Antonio Palladini
Ciência, Tecnologia e Inovação

Paulo Roberto Lisboa Arruda
Extensão Rural



BOLETIM TÉCNICO Nº 169

**Estações hidrometeorológicas automáticas:
classificação por critérios de prioridade para
a rede de monitoramento da Epagri/Ciram**

Carlos Eduardo Salles de Araujo
Éverton Blainski
Eduardo Nathan Antunes



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Florianópolis
2016

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editoria técnica: Paulo Sergio Tagliari
Lucia Moraes Kinceler

Revisão textual: Abel Viana

Arte final: Vilton Jorge de Souza

Colaboradores: Hamilton Justino Vieira, Ph.D.
José Luiz Rocha Oliveira, M.Sc.
Luiz Fernando de Novaes Vianna, Dr.

Primeira edição: julho/2016

Tiragem: 600 exemplares

Impressão: Dioesc

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

Ficha catalográfica

ARAÚJO, C.E.S. ; BLAINSKI, E.; ANTUNES, E.N. *Estações hidrometeorológicas automáticas: classificação por critérios de prioridade para a rede de monitoramento da Epagri/Ciram*. Florianópolis: 2016. 40p. (Epagri. Boletim Técnico, 169).

Hidrologia; Meteorologia; Redes de Estações

ISSN: 0100-7416



Autores

Carlos Eduardo Salles de Araujo, Dr.

Oceanógrafo pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), mestre em sensoriamento remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e doutor em Engenharia Civil na área de análise de risco e gestão territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua como pesquisador do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia (Ciram) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri).

Éverton Blainski, Dr.

Engenheiro-agrônomo, mestre e doutor em agronomia – física e manejo do solo e água, todos pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Atua como pesquisador em Ciências Agrárias na Epagri/Ciram.

Eduardo Nathan Antunes

Bacharel em Ciências da Computação pela Universidade do Vale do Itajaí (Univali), é analista do setor de tecnologia de informação e comunicação da Epagri/Ciram.

Apresentação

Os eventos meteorológicos e climáticos extremos podem ocasionar sérios prejuízos socioeconômicos às sociedades, além de constituir risco direto às populações afetadas. Chuvas intensas, estiagens prolongadas, vendavais e ondas de calor e de frio são apenas alguns desses eventos que historicamente têm sido responsáveis por desastres naturais no estado de Santa Catarina.

As ações que englobam o monitoramento ambiental são de vital importância para a identificação de padrões espaço-temporais e de intensidade desses eventos. Os dados provenientes do monitoramento são utilizados diuturnamente por instituições públicas, privadas e pela população em geral para o planejamento e a execução de uma série de atividades, bem como para a prevenção ou minimização de perdas.

A partir dessa crescente demanda, a Epagri, por meio do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram) realiza o monitoramento hidrometeorológico contínuo de diversas bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina.

O monitoramento implica: a instalação a campo das plataformas de coleta de dados, além da logística de manutenção dessas plataformas; a transmissão remota dos dados em intervalos regulares; o processamento e a qualificação das informações no escritório; e a disponibilização dessas informações para a população.

Os custos envolvidos em todas essas etapas são altos. Algumas vezes, por restrições orçamentárias e de pessoal técnico disponível, torna-se necessário priorizar a manutenção de algumas estações em detrimento de outras. O presente material tem o intuito de estabelecer critérios objetivos para classificar as estações conforme o grau de prioridade para a rede de monitoramento.

A Diretoria Executiva

Sumário

Introdução.....	9
1 Objetivos	11
2 Metodologia.....	11
2.1 Da seleção das PCDs	11
2.2 Da seleção dos critérios	11
2.2.1 Legal	12
2.2.2 Séries temporais das variáveis hidrometeorológicas.....	12
2.2.3 Densidade demográfica.....	13
2.2.4 Distância até a PCD mais próxima	14
2.2.5 Densidade de PDCs por bacias hidrográficas.....	14
2.2.6 Densidade de PDCs por regiões climáticas	16
2.3 Da ponderação e aplicação dos critérios	17
2.3.1 Séries temporais das variáveis hidrometeorológicas.....	18
2.3.2 Densidade demográfica.....	19
2.3.3 Distância da estação mais próxima.....	19
2.3.4 Densidade de PDCs por bacias hidrográficas.....	21
3 Resultados da classificação.....	22
Conclusões e recomendações	25
Referências bibliográficas	27
Apêndice I	29
Apêndice II	30
Apêndice III	32
Apêndice IV	34
Apêndice V	35

Introdução

O monitoramento hidrometeorológico é um recurso essencial para o planejamento e a gestão de atividades socioeconômicas como a agricultura, a geração de energia, a segurança pública e o turismo. O monitoramento, via de regra, é constituído de ações de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e disponibilização de informações históricas das condições atmosféricas e hidrológicas. Essas informações podem ser utilizadas no desenvolvimento de produtos, na elaboração de projetos e no planejamento de ações relacionadas à hidrometeorologia.

O monitoramento hidrometeorológico é realizado a partir de uma rede de estações que são plataformas de coleta de dados (PCDs), compostas por diversos sensores com as mais diversas finalidades. As principais variáveis monitoradas pelas PCDs são: nível milimétrico d'água em determinado local de um rio; duração, quantidade e intensidade de chuva; temperaturas do ar (instantânea, máxima e mínima), umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, radiação solar global, molhamento foliar e pressão atmosférica. Dependendo do conjunto de sensores utilizados e da finalidade para a qual se destinam, as PCDs são comumente classificadas como hidrológicas, meteorológicas ou agrometeorológicas.

As PCDs também são classificadas, de acordo com o método de aquisição das informações, em automáticas (quando o equipamento possui um aparato tecnológico que possibilita a aquisição e o armazenamento dos dados) ou convencionais (quando é necessário um observador para fazer a leitura das variáveis). No caso das PCDs automáticas, os dados coletados podem ser armazenados localmente em cartões de memória ou transmitidos via rádio, satélite ou telefonia celular (GPRS) para uma central em intervalos de tempos pré-determinados. As PCDs que possuem tal capacidade de transmissão remota são classificadas como telemétricas.

Os avanços tecnológicos nas áreas de eletrônica e telecomunicações têm propiciado uma redução nos custos de aquisição e instalação de novas PCDs telemétricas, que constituem hoje o núcleo da rede de monitoramento da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), por meio do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram).

Apesar da facilidade de aquisição desses equipamentos, a dificuldade passa a ser a padronização, a manutenção e a operação de grandes redes automatizadas. Muitas das PCDs da rede da Epagri/Ciram foram adquiridas por meio de projetos de pesquisa ou por contratos e convênios com instituições públicas e privadas. Assim, o desafio é garantir a continuidade das operações, considerando as dificuldades logísticas e financeiras que advêm da intermitência cíclica no aporte dos recursos.

1 Objetivos

Considerando os argumentos expostos na Introdução, o presente trabalho tem por objetivo estabelecer critérios para classificar as PDCs de monitoramento hidrometeorológico que integram a rede da Epagri/Ciram no que se refere à prioridade para a operação e manutenção da rede.

Uma vez estabelecidos os critérios, devem-se classificar as PDCs de forma quantitativa e qualitativa. Essa classificação servirá como subsídio para orientar a priorização de ações de manutenção corretiva e até a eventual desativação de algumas unidades, em face de possíveis limitações de recursos.

2 Metodologia

2.1 Da seleção das PDCs

Para compor o universo deste estudo foram selecionadas PDCs automáticas telemétricas cadastradas no banco de dados da Epagri/Ciram (SAM) que constavam como “ativada” no campo “**status**” da tabela “ESTACÃO” na data de 5 de março de 2015. Para garantir que as PDCs selecionadas estivessem realmente operando, foi imposto um critério adicional de envio de pelo menos um registro nos últimos 30 dias antes da data da consulta, retroativos à data da consulta.

Foram também excluídas as PDCs que nesta mesma data constavam como “pesquisa”, no campo “**ds_classe**” da tabela “CLASSE_ESTAC_AGROMET”. Essas PDCs foram excluídas porque não possuem padronização nos sensores ou porque foram removidas para outros sítios sem a correspondente atualização cadastral no banco SAM. Cabe ressaltar que na estrutura atual do SAM o campo “**ds_classe**” é preenchido manualmente dentro de uma lista de opções (Apêndice I) e os usuários podem acabar utilizando critérios diferentes para cadastrar PDCs similares e vice-versa. Dessa forma, uma estação cadastrada como “pesquisa” pode ter diferentes conotações.

2.2 Da seleção dos critérios

Com o intuito de selecionar os critérios de priorização das PDCs da rede de monitoramento, realizou-se um ciclo de discussões envolvendo especialistas da Epagri/Ciram de diferentes áreas do conhecimento (Apêndice II). Três preceitos básicos orientaram tal seleção: aderência ao tema em questão; disponibilidade de informações técnicas; objetividade e reprodutibilidade do critério. Ao final do ciclo de discussões foram considerados seis critérios abaixo relacionados.

2.2.1 Legal

Este critério diz respeito à existência ou não de contratos ou convênios assinados entre a Epagri e outras instituições, que definam como obrigações da Epagri executar a operação e manutenção (inclusive corretiva) em PDCs constantes de planos de trabalho pactuados no âmbito desses instrumentos jurídicos. O entendimento dos especialistas do CIRAM foi que esse é o mais relevante dos critérios para a priorização das PDCs da rede de monitoramento. Os valores possíveis para o critério são, portanto: um (1) para as PDCs com contrato e zero (0) para as PDCs sem contrato.

2.2.2 Séries temporais das variáveis hidrometeorológicas

O propósito deste critério é considerar um conjunto de variáveis representativas dos diferentes tipos de PCD, atribuindo pesos a essas variáveis. As variáveis selecionadas foram: temperatura, representando as PDCs agrometeorológicas; vento, representando as PDCs meteorológicas completas; nível de rio, representando as PDCs hidrológicas; e a precipitação, variável mais utilizada nas análises hidrometeorológicas.

Tendo em vista importância das séries históricas para os estudos climáticos, a elaboração de projetos de engenharia e as análises de risco, considerou-se também o número de registros históricos horários dessas variáveis para cada estação. Foi consultado no banco SAM a quantidade de registros, utilizando-se apenas os dados da hora cheia (minuto 00) por variável e por PCD. Em vez do valor absoluto, calculou-se uma proporção entre o número de registros e o número de horas representativo de uma série climática. Estabeleceu-se esse valor em 262.992 horas, o que equivale a 30 anos de dados horários, considerando-se os anos bissextos.

Foi definido um índice e computou-se, para cada estação, a soma da proporção de registros em relação a uma série climática das variáveis, ponderada pelo peso atribuído a cada variável, de acordo com a Equação 1:

$$I_{est(i)} = P_{Tp} \cdot \frac{N_{Tp(est(i))}}{N_{clima}} + P_{Vt} \cdot \frac{N_{Vp(est(i))}}{N_{clima}} + P_{Nr} \cdot \frac{N_{Nr(est(i))}}{N_{clima}} + P_{Pr} \cdot \frac{N_{Pr(est(i))}}{N_{clima}}$$

Onde $I_{est(i)}$ é o índice computado para a estação i ; $P_{Tp} = 2$, $P_{Vt} = 3$, $P_{Nr} = 4$, e $P_{Pr} = 1$ são, respectivamente, os pesos atribuídos às variáveis temperatura, vento, nível de rio e precipitação; $N_{Tp(est(i))}$, $N_{Vp(est(i))}$, $N_{Nr(est(i))}$ e $N_{Pr(est(i))}$ são, respectivamente, o número de registros históricos horários no banco SAM, para a estação i , das variáveis temperatura, vento, nível de rio e precipitação; e N_{clima} é o número de horas representativo de uma série climática.

2.2.3 Densidade demográfica

Este critério considera que PDCs localizadas em áreas com grande concentração de pessoas devam ter prioridade em relação às PDCs localizadas em áreas pouco povoadas.

Na determinação da densidade demográfica utilizou-se a base de informações dos setores censitários do IBGE (IBGE, 2010). Os dados das geometrias foram obtidos em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/setores_censitarios> e as tabelas do Censo 2010 encontravam-se disponíveis no endereço eletrônico: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios>.

Computaram-se os centroides das geometrias dos setores censitários e os valores de população das tabelas foram conectados a esses pontos utilizando-se os códigos do IBGE dos setores. O cálculo da densidade demográfica foi feito dividindo-se a população dos setores censitários pelas suas respectivas áreas em km². Calculou-se uma matriz de densidade populacional interpolando-se os valores dos centroides para os pontos de grade da matriz (Figura 1). Desta matriz extraiu-se um valor médio de densidade populacional numa área de entorno de 1km² de cada estação.

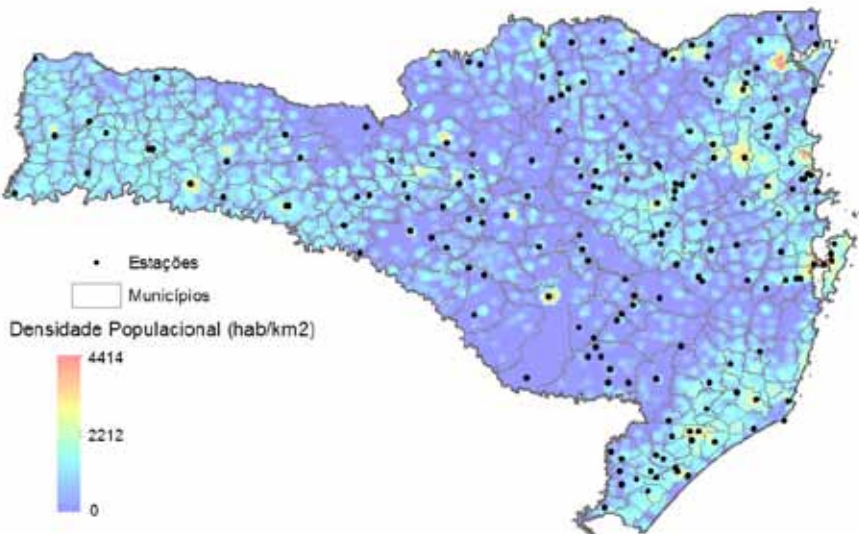


Figura 1. PDCs selecionadas sobrepostas à densidade populacional

2.2.4 Distância até a PCD mais próxima

Este critério considera que PDCs com vizinhos muito distantes devam ser prioritárias em relação às PDCs que possuem vizinhos próximos, pois, em caso de falha, perdem-se informações sobre áreas extensas. Do ponto de vista geométrico, o critério pode ser entendido como um cone (reto) de influência da estação, com as seguintes características: altura unitária, vértice centrado nas coordenadas geográficas da estação e a base delimitada por um círculo de raio igual à distância da estação mais próxima (Figura 2). Desta forma, PDCs muito distantes possuem grandes áreas de influência.

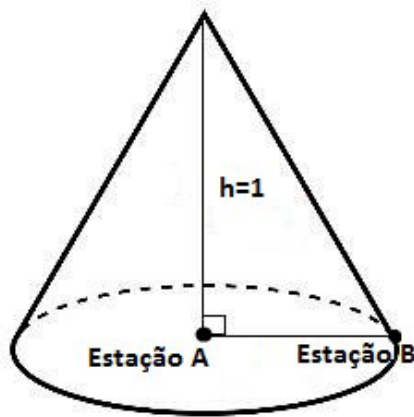


Figura 2. Cone de influência da Estação A

2.2.5 Densidade de PDCs por bacias hidrográficas

Do ponto de vista espacial os processos hidrológicos ocorrem no contexto das bacias hidrográficas. Portanto, elegeu-se a densidade de PDCs hidrometeorológicas por bacia como um critério relevante. Nesse caso, a priorização é inversamente proporcional à densidade, ou seja, quanto maior a densidade para uma dada bacia, menor a prioridade das PDCs que pertencem a essa bacia.

As bacias hidrográficas utilizadas foram definidas e codificadas de acordo com o método de Otto Pfafstetter, conforme detalhado por Furnans e Olivera (2001). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2006), essa codificação possui características muito favoráveis, tais como a economia de dígitos, a possibilidade de detalhamento em diferentes escalas (escalável), a representação hierárquica da rede e a possibilidade de automatização em computador. O Apêndice III apresenta uma explicação sucinta do método.

Na aplicação do método de Otto Pfafstetter para a delimitação das ottobacias, adotou-se como dado de entrada o modelo digital de elevação (MDE) produzido pelo projeto SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). A partir das elevações do SRTM foram calculadas as declividades e extraídos os talvegues (termo alemão, bastante utilizado em hidrologia (*thal weg*) que significa caminho do rio) para representar os canais hidrográficos para o estado de Santa Catarina, de acordo com a metodologia de Tarboton et al. (1991).

O SRTM é uma cooperação entre as agências norte-americanas National Space Agency (Nasa) e a *National Imagery and Mapping Agency* (Nima) e das agências espaciais da Alemanha e da Itália, com o objetivo de obter um modelo digital do terreno das elevações da superfície terrestre, entre 56° Sul e 60° Norte, com resolução horizontal global de 90 metros e erros horizontais e verticais menores do que 20 e 16 metros respectivamente (RODRIGUEZ et al., 2005). O projeto consistiu no desenvolvimento de um sistema de radar de abertura sintética interferométrico que voou durante 11 dias em fevereiro de 2000 a bordo do ônibus espacial Endeavour, adquirindo os dados de altimetria global de forma estereoscópica.

Nesse estudo, as ottobacias de Santa Catarina foram detalhadas e codificadas até o nível quatro, com exceção da região do Vale do Rio Itajaí, que foi subdividida e detalhada até o nível cinco. As topologias foram consistidas de forma a gerar o mapeamento de bacias apresentado na Figura 3.

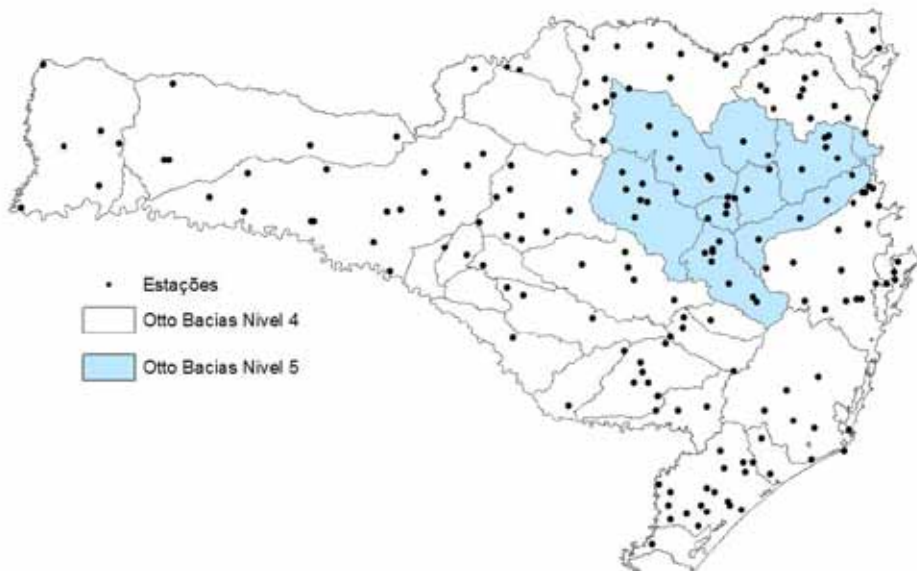


Figura 3. PDCs selecionadas sobrepostas às Ottobacias

Para o cálculo da densidade dividiu-se, para cada bacia, o número de PDCs pertencentes à bacia pela área da mesma. Os valores obtidos, na escala de número de PDCs por quilômetro quadrado (N/km^2), foram aplicados como atributos das PDCs, conforme a bacia na qual estão contidas.

2.2.6 Densidade de PDCs por regiões climáticas

Este critério considera a densidade de PDCs por regiões climáticas homogêneas. A priorização é inversamente proporcional à densidade, ou seja, quanto maior a densidade para uma dada bacia, menor a prioridade das PDCs que pertencem a essa região climática.

Inicialmente, o estado de Santa Catarina foi dividido em 10 regiões climáticas, seguindo o critério proposto por Braga e Ghellre (1999). Para melhor representar as variações locais do clima em função do relevo, cada região foi subdividida em novas regiões por cinco faixas distintas de altitude: 0m a 200m, 200m a 400m, 400m a 800m, 800m a 1200m e acima de 1200m. Desta forma foram obtidas 44 regiões climáticas homogêneas. A Figura 4 exemplifica essa classificação.

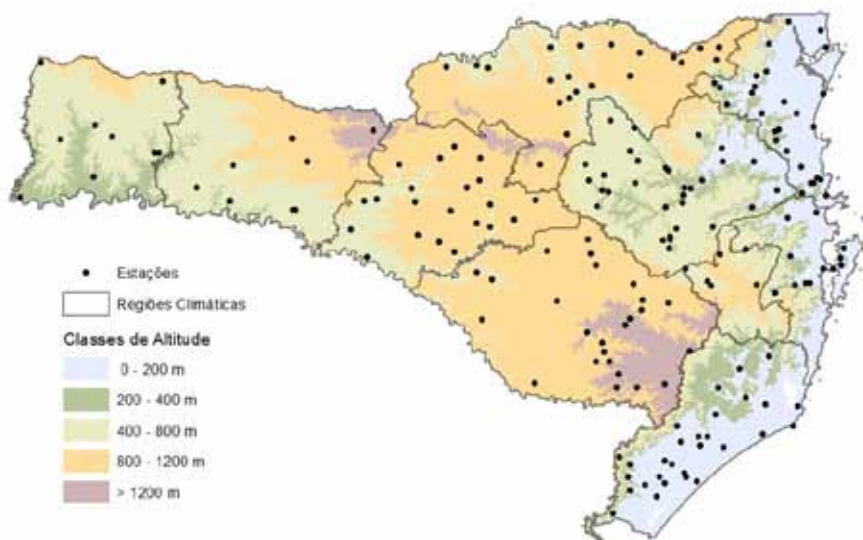


Figura 4 PDCs selecionadas sobrepostas às regiões climáticas segmentadas por faixas de altitude

Para o cálculo da densidade dividiu-se, para cada região climática homogênea, o número de PDCs pela área da região. Os valores obtidos, na escala de número de PDCs por quilômetro quadrado (N/km^2), foram aplicados como atributos das PDCs, conforme a região na qual estão contidas.

2.3 Da ponderação e aplicação dos critérios

Os critérios de priorização selecionados foram ponderados utilizando-se o processo analítico hierárquico (Analytic Hierarchy Process – AHP), proposto por Saaty (1980). O AHP é uma ferramenta de suporte à decisão que pode ser utilizada para resolver problemas complexos, permitindo a incorporação de considerações objetivas e subjetivas no processo de decisão (FORMAN, 1983).

O AHP utiliza uma estrutura hierárquica multinível para os objetivos, critérios, subcritérios e alternativas. Os resultados são obtidos de um conjunto de comparações relativas pareadas entre as variáveis em cada nível hierárquico. Especialistas no problema em questão executam as comparações pareadas por meio de julgamentos baseados em critérios de importância relativa, expressos de forma verbal, gráfica ou numérica (FORMAN, 1986). O processo incorpora redundância, o que resulta na redução dos erros de mensuração e produz uma medida da consistência dos julgamentos comparativos (SAATY, 1980).

A Figura 5 apresenta a estruturação hierárquica dos critérios para a priorização das PDCs hidrometeorológicas e de seus respectivos pesos proporcionais. Os nomes grafados em cores correspondem aos critérios, enquanto os nomes grafados em cinza correspondem a um conjunto de critérios. De forma análoga os valores grafados em cores correspondem aos pesos finais dos critérios, enquanto os valores grafados em cinza são relativos aos pesos no nível hierárquico.

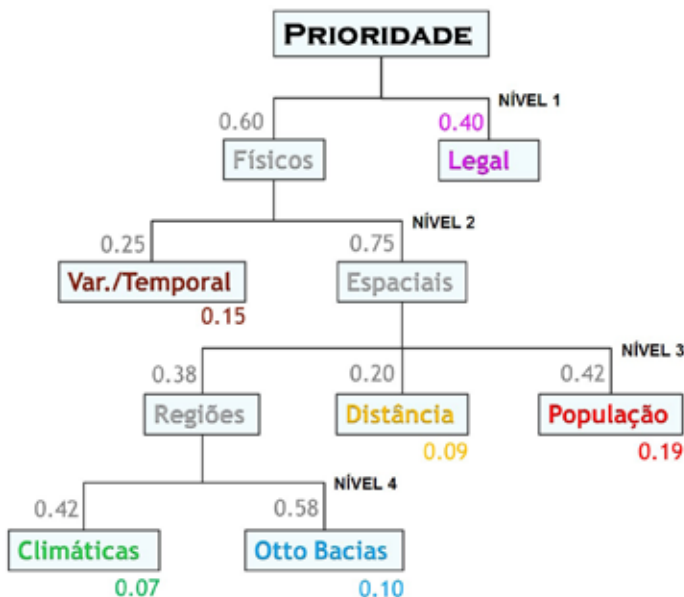


Figura 5. Estruturação hierárquica e ponderação dos critérios de priorização

Cabe ressaltar que tanto a seleção dos critérios de priorização das PDCs da rede de monitoramento quanto à definição e o ajuste dos pesos pelo método AHP foram realizados em um ciclo de discussões envolvendo especialistas da Epagri/Ciram de diferentes áreas do conhecimento (Apêndice II).

A prioridade de cada estação para a rede de monitoramento é dada pela soma ponderada dos critérios, de acordo com o peso de cada critério no modelo. Como o modelo é hierárquico, pode-se calcular essa soma utilizando-se diretamente os pesos finais ou também as somas ponderadas em cada nível hierárquico, num processo de quatro passos.

Entretanto, antes de realizar a soma é necessário converter as escalas de valores dos critérios para uma mesma escala relativa de prioridade, com valores entre zero (0) e um (1), dado que todos os critérios considerados, com exceção do Legal, possuem diferentes unidades de medida.

Para realizar a conversão utilizaram-se funções paramétricas de mapeamento, ajustadas a partir dos histogramas de frequência acumulada dos critérios. Cada critério teve seus dados agrupados em cem intervalos de classe e os histogramas de frequência acumulada relativa aos máximos foram calculados a partir desses intervalos.

Os coeficientes das funções de mapeamento foram determinados por ajustes não lineares, seguindo o método dos mínimos quadrados e empregando o algoritmo de Levenberg-Marquardt (BATES e WATTS, 1988; KELLEY, 1999), com um limiar de mil interações para cada função. As funções de mapeamento utilizadas são descritas em detalhes na sequência.

2.3.1 Séries temporais das variáveis hidrometeorológicas

No mapeamento dos valores do índice de ponderação entre as variáveis e o número de registros (adimensional) para a escala de prioridade entre zero (0) e um (1), utilizou-se uma função sigmoide de três termos, conforme a Equação 2:

$$PR_{CR(i)} = C_1 + C_2 \frac{1}{1 + e^{-C_3(CR_{(i)} - C_4)}} + C_2 \frac{1}{1 + e^{-C_6(CR_{(i)} - C_7)}} + C_8 \frac{1}{1 + e^{-C_9(CR_{(i)} - C_{10})}}$$

Onde $CR_{(i)}$ é valor para a estação i do critério em questão e $PR_{CR(i)}$ é o valor convertido para escala de prioridade. Os valores dos coeficientes C_n da equação ajustada estão detalhados no Apêndice IV.

A Figura 6 apresenta o histograma de frequências acumuladas dos índices de ponderação e, sobreposta ao histograma, a função de mapeamento ajustada. Na legenda da Figura 6, r^2 refere-se ao coeficiente de determinação, e é uma medida da qualidade do ajuste da função. O valor de r^2 pode variar entre zero (0) e um (1), sendo que quanto mais próximo da unidade melhor é o ajuste. Um valor de $r^2 = 0,99$ significa que 99% da variável dependente ($PR_{CR(i)}$) consegue ser explicada pela variável independente ($CR_{(i)}$).



Figura 6. Mapeamento do índice de ponderação entre as variáveis e o número de registros para a escala de prioridades

2.3.2 Densidade demográfica

No mapeamento da densidade demográfica (hab./km²) para a escala de prioridade entre zero (0) e um (1), utilizou-se uma função generalizada de Gompertz (1825) de oitava ordem, conforme a Equação 3:

$$PR_{CR(i)} = c_1 e^{-e^{-(c_2 + c_3 CR(i)^1 + c_4 CR(i)^2 + \dots + c_{10} CR(i)^8)}}$$

Onde $CR(i)$ é valor para a estação i do critério em questão e $PR_{CR(i)}$ é o valor convertido para escala de prioridade. Os valores dos coeficientes c_n da equação ajustada estão detalhados no Apêndice IV. A Figura 7 apresenta o histograma de frequências acumuladas das densidades demográficas e, sobreposta ao histograma, a função de mapeamento ajustada.

2.3.3 Distância da estação mais próxima

No mapeamento da distância até a estação mais próxima (km) para a escala de prioridade entre zero (0) e um (1), utilizou-se uma função sigmoide de três termos (Equação 2). Os valores dos coeficientes c_n da equação ajustada estão detalhados no Apêndice IV. A Figura 8 apresenta o histograma de frequências acumuladas das distâncias até a estação mais próxima e, sobreposta ao histograma, a função de mapeamento ajustada.

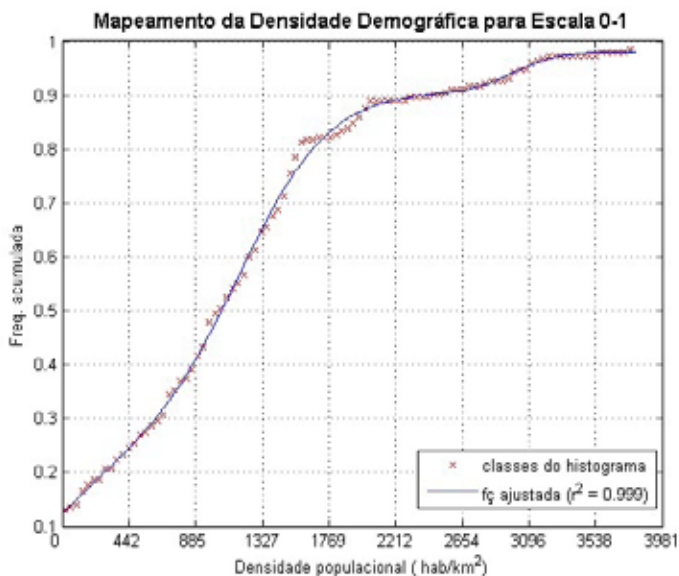


Figura 7. Mapeamento da densidade demográfica (hab./km²) para a escala de prioridade

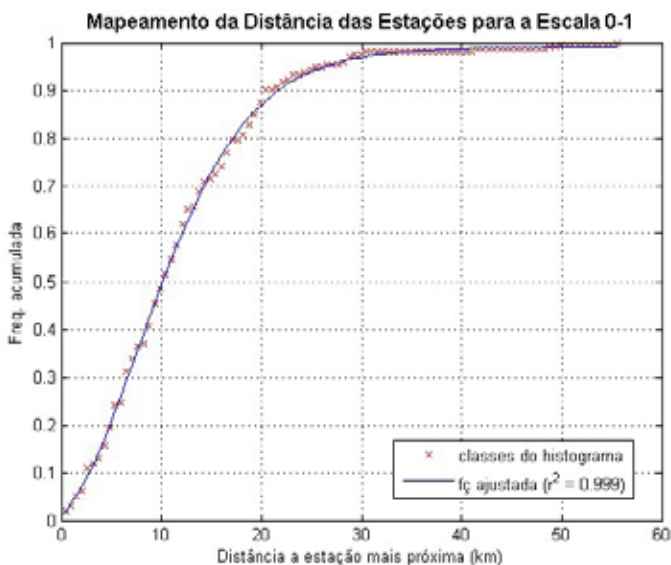


Figura 8. Mapeamento da distância da estação mais próxima (km) para a escala de prioridade

2.3.4 Densidade de PDCs por bacias hidrográficas

No mapeamento da densidade de PDCs por bacias hidrográficas para a escala de prioridade entre zero (0) e um (1), utilizou-se uma função generalizada de Gompertz (1825) de quinta ordem com deslocamento, conforme a Equação 4:

$$PR_{CR(i)} = c_1 + c_2 e^{-e^{-(c_3 + c_4 CR(i)^1 + c_5 CR(i)^2 + \dots + c_8 CR(i)^5)}}$$

Onde $CR(i)$ é valor para a estação i do critério em questão e $PR_{CR(i)}$ é o valor convertido para escala de prioridade. Os valores dos coeficientes c_n da equação ajustada estão detalhados no Apêndice IV. A Figura 9 apresenta o histograma de frequências acumuladas das densidades de PDCs por bacia hidrográfica e, sobreposta ao histograma, a função de mapeamento ajustada.

2.3.5 Densidade de PDCs por regiões climáticas

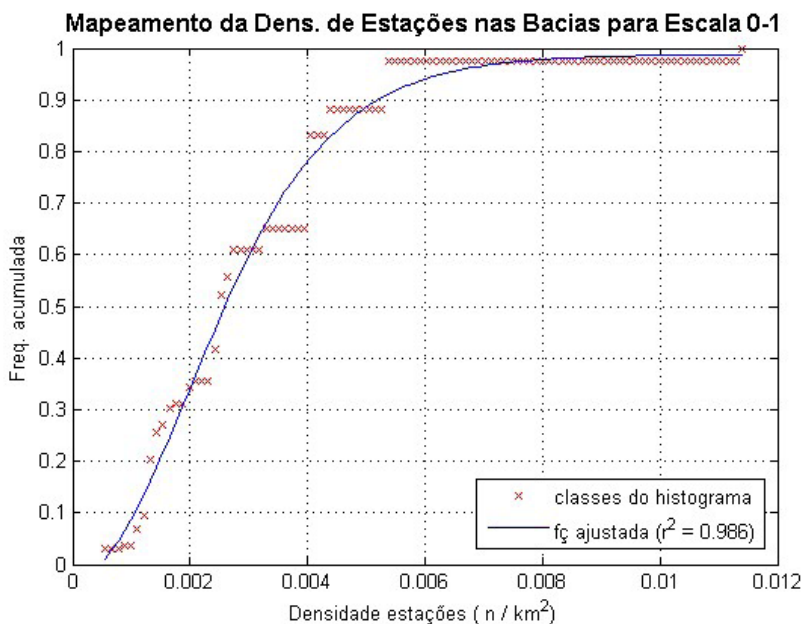


Figura 9. Mapeamento da densidade de PDCs por bacias hidrográficas (N/km²) para a escala 0-1

A escala de prioridade é dada pelo complementar da frequência acumulada (1 – freq. acumulada), pois, conforme descrito no item 3.2.5, a priorização para esse critério é inversamente proporcional à densidade de PDCs por bacia.

No mapeamento da densidade de PDCs por regiões climáticas para a escala de prioridade entre zero (0) e um (1), utilizou-se uma função sigmoide de três termos (Equação 2). Os valores dos coeficientes c_n da equação ajustada estão detalhados no Apêndice IV. A Figura 10 apresenta o histograma de frequências acumuladas das distâncias à estação mais próxima e, sobreposta ao histograma, a função de mapeamento ajustada.

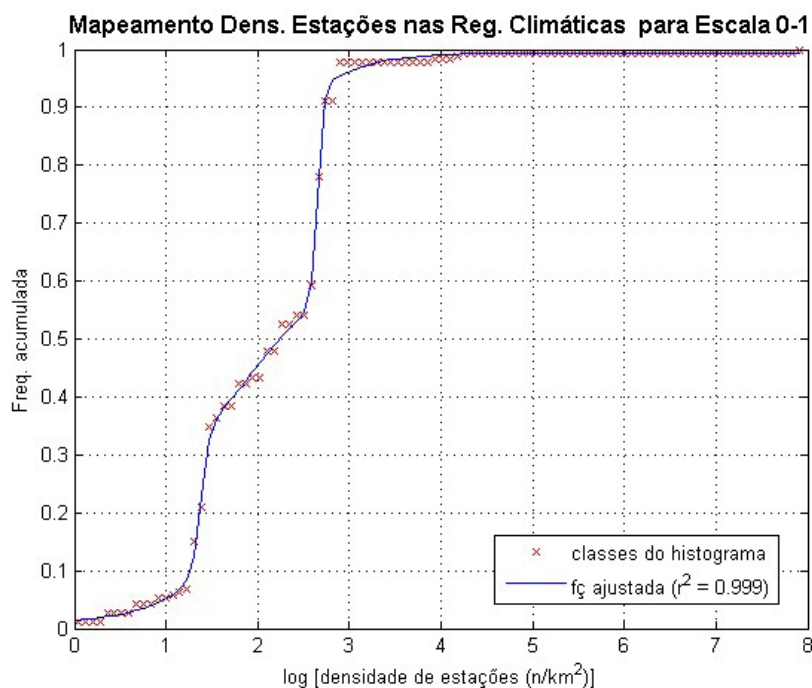


Figura 10. Mapeamento da densidade de PDCs por regiões climáticas (N/km²) para a escala 0-1

A escala de prioridade é dada pelo complementar da frequência acumulada (1 – freq. acumulada), pois a priorização para esse critério é inversamente proporcional à densidade de PDCs por região climática.

3 Resultados da classificação

Para a aplicação do método selecionaram-se as PDCs de monitoramento automáticas do estado de Santa Catarina que constam como ativas no banco de dados SAM e que enviaram pelo menos um registro nos últimos 30 dias contados retroativamente a partir da data da consulta ao banco SAM (realizada em 2015). Ao todo, foram 192 PDCs selecionadas.

As PDCs foram classificadas com relação à prioridade para a rede de monitoramento de forma quantitativa, empregando-se a metodologia descrita no Capítulo 3. A listagem completa com as notas finais da classificação para cada estação, entre zero (0) e um (1), conforme o grau relativo de importância, é apresentada no Apêndice 5.

A partir das notas finais obtidas foi realizada uma classificação qualitativa nas seguintes classes de prioridade: alta, média e baixa. Para determinar os limites dos intervalos de classe foi utilizado o método de Jenks (1967). Esse método é baseado no agrupamento iterativo dos dados, determinando o melhor arranjo possível dos valores em diferentes classes, de forma a minimizar a variância (dos valores) dentro de cada classe e maximizar a variância entre as diferentes classes. A Tabela 1 apresenta os limites dos intervalos de classe, bem como o número de PDCs em cada classe.

Tabela 1. Classificação qualitativa das PDCs

Prioridade	Intervalo de valores	Nº de PDCs
Baixa	0 a 0,35	84
Média	0,35 a 0,56	77
Alta	0,56 a 1	31

Devido ao peso atribuído ao critério Legal, todas as PDCs que possuem contratos ou convênios com obrigações de manutenção por parte da Epagri aparecem na classe de prioridade Alta. A Figura 11 apresenta a distribuição espacial das PDCs da rede de monitoramento conforme a classe de prioridade.

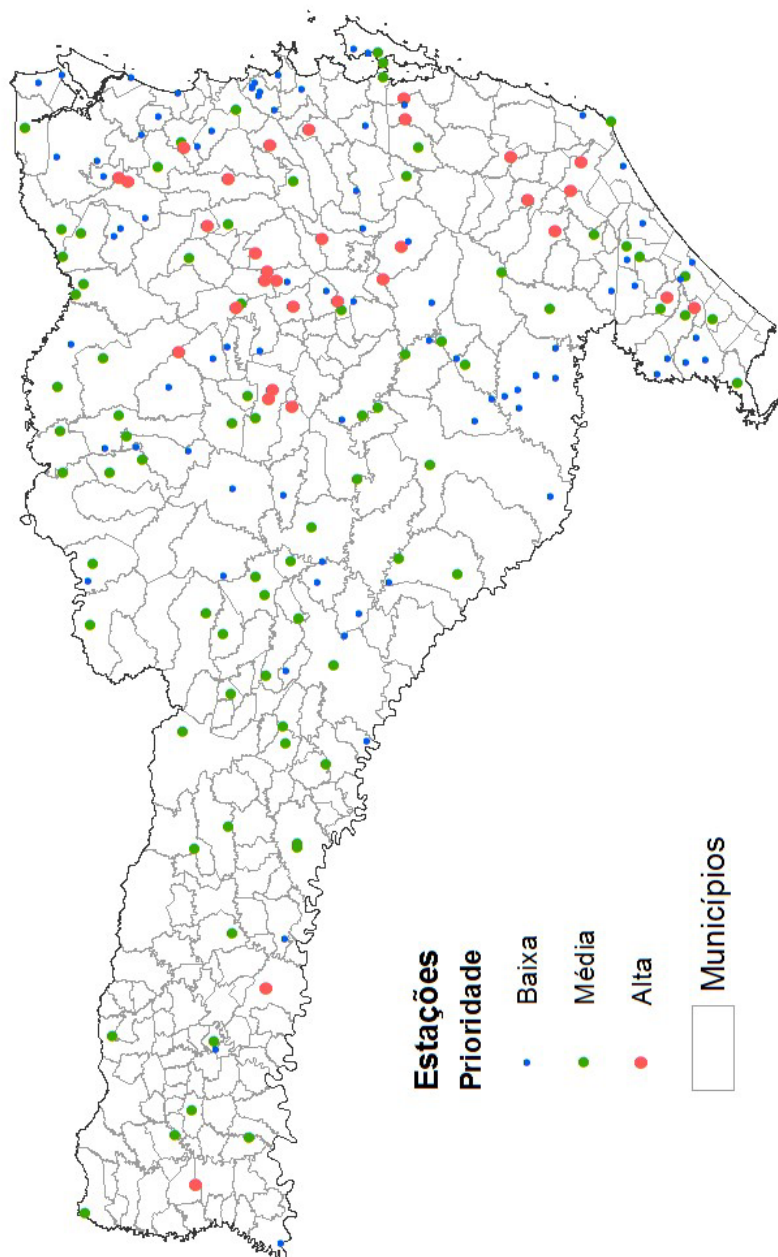


Figura 11. PDCs classificadas de acordo com a prioridade, sobrepostas aos municípios do Estado de Santa Catarina.

Conclusões e recomendações

A partir deste trabalho buscou-se estabelecer critérios objetivos para classificar as PDCs de monitoramento hidrometeorológico constantes da rede da Epagri/Ciram no que se refere à prioridade delas para a operação e manutenção da rede.

Considerando que as informações no banco de dados SAM são dinâmicas, sugere-se que a classificação seja repetida periodicamente, pelo menos a cada seis meses. A própria repetição do processo, além da atualização da classificação, permitirá também um maior refinamento nos pesos atribuídos aos critérios de priorização.

As principais dificuldades encontradas para o desenvolvimento e aplicação da metodologia estiveram relacionadas à disponibilidade e qualificação das informações presentes no banco de dados SAM. Portanto sugerem-se as seguintes alterações à estrutura do banco SAM:

- Inclusão de atributos que incorporem as informações relativas às obrigações contratuais de manutenção.
- Remoção do atributo classe da PCD, pois atualmente ele é preenchido manualmente, possui muitas inconsistências, além de que as descrições das classes misturam/confundem uso, função e área de aplicação. Sugere-se a definição de critérios objetivos para a classificação das PDCs, possibilitando a automação dessa classificação.
- Automação no preenchimento do campo situação da estação (“ativada” / “desativada”), para evitar que PDCs desativadas constem como ativas. Como critério pode ser estabelecido um número de dias sem envio de dados, dependendo do tipo da estação (automática/convencional).
- O método desenvolvido não incluiu na priorização uma discretização das funções de monitoramento à qual as PDCs se destinam (hidrologia, meteorologia, climatologia), visto que uma mesma estação pode servir para múltiplos propósitos. Contudo, alterando os pesos dos critérios, pode-se adaptar o método para que priorize apenas um tipo específico de função.

Referências bibliográficas

ANA. Agência Nacional de Águas. **Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos**: versão 1.11. Agência Nacional de Águas/Superintendência de Gestão da Informação. Brasília: ANA/ SGI, 2006. 29p.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada: fase 1 – construção da base topológica de hidrografia e ottobacias conforme a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter**: versão 2.0 de 1/11/2007. Brasília: ANA/ SGI, 2007. 144p.

BATES, D.M.; WATTS, D.G. **Nonlinear Regression and Its Applications**. New York: Wiley, 1988.

BRAGA, H.J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11.; Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2. **Anais...** Florianópolis, SC, 1999.

FORMAN, E.H. The Analytic Hierarchy Process as a Decision Support System. **Proceedings of the IEEE Computer Society**. Fall, 1983.

FORMAN, E.H. **Decision by Objectives (How to convince others that you are right)**. Mary Ann Selly (Ed.). Expert Choice Inc., 402p, 1986.

FURNANS, F.; OLIVERA, F. **Watershed Topology – The Pfafstetter System**. Esri International GIS User Conference Proceedings, 2001. Disponível em: <<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap1008/p1008.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

GOMPERTZ, B. On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, London, n.123, p.513-585, 1825.

JENKS, G.F. The Data Model Concept in Statistical Mapping, **International Yearbook of Cartography**, n.7, p.186-190, 1967.

KELLEY, C.T. Iterative Methods for Optimization. **SIAM Frontiers in Applied Mathematics**, n.18, 1999.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas: Metodologia de Codificação**. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1989.

RODRIGUEZ, E.; MORRIS, C.S; BELZ, J.E.; CHAPIN, E.C.; MARTIN, J.M.; DAFFER, W.; HENSLEY, S. **An assessment of the SRTM topographic products**, Technical Report JPL D-31639. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory, 2005. 143p.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

TARBOTON, D.G.; BRAS, R.L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. On the extraction of channel networks from digital elevation data. **Hydrological Processes**, n.5, p.81-100, 1991.

VERDIN, K.L; VERDIN, J.P. A topological system for delineation and codification of the Earth's river basins, **Journal of Hydrology**, n.218, p.1-12, 1999.

Apêndice I

Tabela Relacional Ordinal – Descritiva das Classes de PDCs Hidrometeorológicas

Relacionamento entre o campo “nr_classe” da tabela ESTAC_AGROMET e o campo “ds_classe” da tabela CLASSE_ESTAC_AGROMET do banco de dados SAM.

NR_CLASSE	DS_CLASSE
1	Agrometeorológica
2	Agrometeorológica Auxiliar
3	Agrometeorológica Principal
4	Agrometeorológica Principal e Sinótica
5	Automática Agrometeorológica
6	Climatológica Principal
7	Climatológica Secundária
8	Climatológica Principal e Secundária
9	Climatológica Secundária Ordinária
10	Meteorológica Simples
11	Sinótica Agrometeorológica
12	Sinótica
13	Hidrológica Pluviométrica/Fluviométrica
14	Hidrológica Pluviométrica
15	Hidrológica Fluviométrica
16	Pluvioevaporimétrica
17	Pesquisa
18	Climatológica Principal e Sinótica
19	Termopluiométrica
20	Hidrometeorológica

Apêndice II

Relação dos Especialistas da Epagri/Ciram que colaboraram com as discussões para a seleção e ponderação dos critérios de priorização

Carlos Eduardo Salles de Araujo, Dr.

Graduado em Oceanografia pela UERJ, mestre em sensoriamento remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e doutor em Engenharia Civil na área de análise de risco e gestão territorial pela UFSC. Atua como pesquisador da Epagri/Ciram.

Eduardo Nathan Antunes

Bacharel em ciências da computação, analista do setor de tecnologia de informação e comunicação da Epagri/Ciram.

Éverton Blainski, Dr.

Engenheiro-agrônomo pela UEM, mestre e doutor em agronomia na área de concentração de solos e nutrição de plantas com ênfase em física de solos pela mesma instituição. Tem experiência em manejo e conservação da qualidade física do solo, atuando, principalmente, nos seguintes temas: irrigação, manejo sustentável, qualidade física do solo, intervalo hídrico ótimo. Atualmente é pesquisador da Epagri/Ciram nas áreas de modelagem hidrológica, mudanças climáticas, uso e ocupação do solo, balanço hídrico e monitoramento hidrometeorológico.

Hamilton Justino Vieira, Ph.D.

Engenheiro-agrônomo pela UFPel, mestre em agronomia pela Universidade de São Paulo (USP), doutor em fitotecnia pela Hohenheim Universitaet e pós-doutor no CIRAD-Montpellier. Atualmente é pesquisador da Epagri/Ciram. Tem experiência na área de agrometeorologia, com ênfase em ecofisiologia de plantas, estudos climáticos para indicações geográficas, micrometeorologia, operação e manutenção de redes de PDCs hidrometeorológicas, desenvolvimento de sensores e equipamentos agrometeorológicos e desenvolvimento de plataformas de difusão de informações agrometeorológicas.

José Luiz Rocha Oliveira, M.Sc.

Graduado em engenharia sanitária e ambiental e mestre em engenharia ambiental pela UFSC. Trabalha na área de hidrologia com monitoramento hidrológico das bacias hidrográficas da Vertente Atlântica de Santa Catarina e realiza pesquisa sobre contaminação do solo e água subterrânea por efluentes da indústria processadora de mandioca.

Luiz Fernando de Novaes Vianna, Dr.

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Santa Úrsula, mestrado em Engenharia Ambiental e doutorado em Geografia pela UFSC. Pesquisador da Epagri/Ciram, trabalha com geoprocessamento aplicado à gestão costeira, gestão de recursos hídricos, agricultura, aquicultura e pesca. Desenvolve pesquisas na área de ecologia da paisagem, modelagem ambiental, avaliação de potencial e análise de risco.

Apêndice III

Descrição do Método de Otto Pfafstetter para classificação de bacias hidrográficas

O método de Otto Pfafstetter foi proposto pelo autor de mesmo nome como forma de identificar univocamente as principais bacias do Brasil e organizar os arquivos de projetos do extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS). O artigo original que descreve o método (PFAFSTETTER, 1989), embora nunca publicado, tornou-se referência e foi aplicado em nível mundial após ser traduzido para o idioma inglês e avaliado por Verdin e Verdin (1999).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2006), essa codificação possui características muito favoráveis, tais como a economia de dígitos, a possibilidade de detalhamento em diferentes escalas (escalável), a representação hierárquica da rede e a possibilidade de automatização em computador.

O método toma como ponto de partida o código inicial de referência da bacia (Tabela 1'), de acordo com a base de domínios da ANA (BHO-12), disponível em <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. A primeira etapa é a identificação do curso d'água principal da bacia de referência (R) como aquele que tem a maior área de contribuição à montante desta bacia.

Tabela 1'. Classificação das bacias da América do Sul

Código	Nome da bacia
1	Costa Atlântica Norte
2	Bacia Amazônica
3	Costa Atlântica da Ilha do Marajó
4	Bacia do Tocantins – Araguaia
5	Costa Atlântica Nordeste
6	Bacia do São Francisco
7	Costa Atlântica Leste
8	Bacia do Prata
9	Costa Atlântica Sul e Costa do Pacífico
10	Bacia Interior na Cordilheira dos Andes

A partir do curso d'água principal determinam-se os quatro tributários com as maiores áreas de drenagem e acrescentam-se, de jusante para montante, os códigos 2, 4, 6 e 8 ao final do código de referência R. Essas quatro maiores sub-bacias são denominadas de intrabacias. Os quatro tributários principais dividem ainda o rio em cinco trechos. As áreas de contribuição de cada um desses trechos recebem, de jusante para montante, os dígitos ímpares 1, 3, 5, 7 e 9, sendo denominadas de interbacias. Se a bacia R contiver bacias internas é designado o código “zero” (R0) à maior de todas. As restantes são incorporadas às intra e interbacias circunvizinhas. Um exemplo ilustrativo desta classificação é mostrado na Figura 1'.

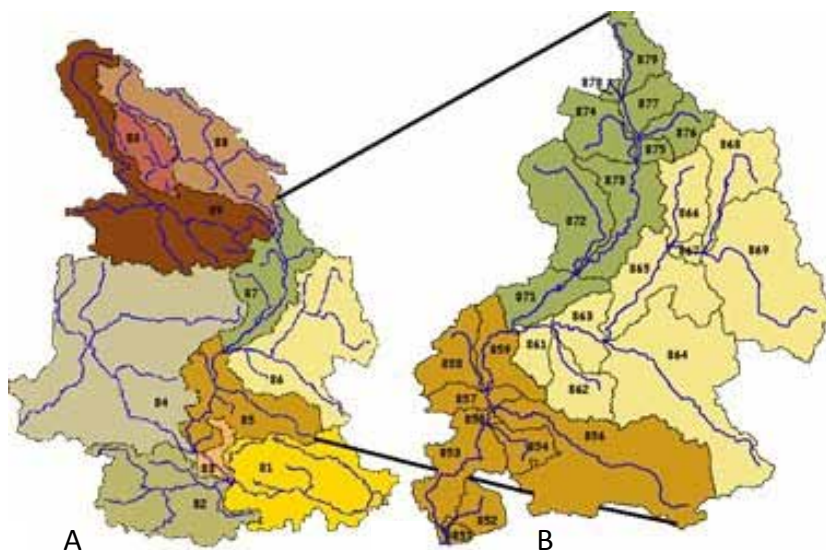


Figura 1'. Exemplo de classificação hierárquica pelo critério de Otto Pfafstetter: A) Ottocodificação de nível 2 da bacia 8. B) Ottocodificação de nível 3 da bacia 8, para as intrabacias 85, 86 e 87. Extraído de Furnans e Oliveira (2001)

As intra e interbacias determinadas por esse método podem ser novamente codificadas, conforme o nível de detalhe a atingir, sendo então atribuído um algarismo adicional. Segundo a ANA (2006) denominam-se de ottobacia as bacias, interbacias e intrabacias, devidamente codificadas e discretizadas, conforme o nível de detalhe para o trecho considerado. Dessa forma, uma ottobacia de nível três possui uma codificação de três dígitos, correspondendo a duas divisões hierárquicas a partir do código de referência inicial. O processo detalhado de construção de uma base hidrográfica ottocodificada foi publicado em português pela ANA (2007).

Apêndice IV

Coefficientes das funções de mapeamento dos critérios para a escala relativa de zero (0) a um (1)

	Var./Temporal	Densidade demográfica	Distância	Bacias	Regionais climáticas
c1	-9,510	$9,814 \times 10^{-1}$	1,243	$-6,879 \times 10^{-2}$	$8,944 \times 10^{-3}$
c2	9,569	$-7,270 \times 10^{-1}$	1,273	1,057	$2,458 \times 10^{-1}$
c3	$1,787 \times 10^1$	4,505	$1,827 \times 10^{-1}$	-1,329	$2,309 \times 10^1$

	Var./Temporal	Densidade demográfica	Distância	Bacias	Regionais climáticas
c4	$-2,034 \times 10^{-1}$	-3,625	7,537	$6,730 \times 10^2$	1,382
c5	$7,702 \times 10^{-1}$	$-5,383 \times 10^1$	-2,975	$9,994 \times 10^3$	$3,718 \times 10^{-1}$
c6	8,157	$4,959 \times 10^2$	$-6,735 \times 10^{-5}$	$7,115 \times 10^{-2}$	$2,826 \times 10^1$
c7	$2,303 \times 10^{-1}$	$-6,433 \times 10^2$	$2,614 \times 10^1$	$2,582 \times 10^1$	2,650
c8	$1,580 \times 10^{-1}$	$-1,403 \times 10^3$	$-3,913 \times 10^{-2}$	0	$3,681 \times 10^{-1}$
c9	8,109	$3,404 \times 10^3$	1,109	----	2,184
c10	1,285	$-1,817 \times 10^3$	1,556	----	1,923

Apêndice V

Classificação quantitativa da prioridade das PDCs da rede de monitoramento

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
83900000	Brusque	-48.92	-27.10	35	1.00
83800002	Blumenau	-49.07	-26.92	12	0.99
84249998	Orleans – Montante	-49.30	-28.36	90	0.95
84580500	Tubarão	-48.99	-28.47	14	0.94
84598002	São Martinho – Jusante	-48.97	-28.16	35	0.94
83677000	Timbó Novo	-49.27	-26.83	70	0.91
83300200	Rio do Sul – Novo	-49.63	-27.21	350	0.91
84559800	Braço do Norte – Montante	-49.16	-28.24	70	0.88
83040000	Mirim Doce	-50.07	-27.20	357	0.87
83050000	Taió	-49.99	-27.11	360	0.87
84095500	São João Batista	-48.85	-27.27	14	0.87
83500000	Apiúna – Régua Nova	-49.40	-27.04	93	0.85
83892990	Salseiro	-49.33	-27.33	550	0.82
84580000	Rio do Pouso	-49.12	-28.43	23	0.81
83130000	Chapadão do Lageado	-49.51	-27.60	421	0.77
84150100	Eta Casan – Montante	-48.71	-27.69	0	0.77
83105000	Saltinho	-49.36	-27.68	454	0.76

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
82549000	Schroeder	-49.06	-26.44	60	0.76
83360000	Jose Boiteux	-49.63	-26.96	258	0.75
83345000	Barra do Prata	-49.83	-26.70	450	0.75
83880000	Luiz Alves	-48.93	-26.72	90	0.74
82350000	Jaraguá do Sul	-49.08	-26.48	37	0.74
84100000	Poço Fundo	-48.80	-27.70	50	0.74
84949800	Ermo	-49.64	-28.97	12	0.74
84853000	Foz do Manuel Alves	-49.59	-28.85	10	0.73
2086	UHE Salto Pilão – Vazão Reduzida 01	-49.51	-27.08	167	0.73
2085	UHE Salto Pilão – Vazão Sanitária	-49.52	-27.13	307	0.72
83030000	Barragem Oeste	-50.04	-27.10	349	0.71
2087	UHE Salto Pilão – Vazão Reduzida 02	-49.47	-27.09	160	0.69
83250000	Ituporanga	-49.61	-27.40	370	0.67
1037	Chapecó	-52.64	-27.09	687	0.65
1508	São Miguel do Oeste – INMET	-53.50	-26.78	700	0.62
1048	Campos Novos – Trento	-51.22	-27.38	965	0.56
1544	Dionísio Cerqueira – INMET	-53.63	-26.29	810	0.55
1500	Laguna – INMET	-48.81	-28.60	52	0.54
2216	Canoinhas – Epagri	-50.37	-26.19	790	0.53
71383000	Ponte Alta do Sul	-50.39	-27.49	880	0.52
1509	Xanxerê – INMET	-52.40	-26.94	889	0.52
1502	Indaial – INMET	-49.27	-26.92	86.13	0.51
1583	Lages – INMET	-50.33	-27.81	937	0.50
1014	Campo Belo do Sul – BAESA	-50.81	-27.93	978	0.50
2222	São Bento do Sul – Mato Preto	-49.41	-26.19	818	0.49
1510	Caçador – INMET	-50.99	-26.82	960	0.49
1059	Benedito Novo – Santa Maria – MDA	-49.42	-26.75	530	0.48
1514	Novo Horizonte – INMET	-52.85	-26.41	954	0.48
1513	Urussanga – INMET	-49.31	-28.53	48	0.48

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
1501	São José – INMET	-48.62	-27.60	1.84	0.47
2377	Bom Jardim da Serra	-49.64	-28.34	1220	0.47
2220	Rio Negrinho – Rio dos Bugres	-49.53	-26.28	811	0.47
83029900	Barragem Taió Montante	-50.12	-27.04	415	0.46
1044	Água Doce – Trento	-51.51	-26.72	1329	0.46
1507	Rio do Campo – INMET	-50.15	-26.94	592	0.45
1006	Florianópolis – Automática	-48.51	-27.58	5	0.45
2429	Arroio Trinta – SDS	-51.34	-26.93	907	0.45
2124	MB-Águas Frias – BRUSCHI	-52.87	-26.86	302	0.45
74295000	Linha Jataí	-53.30	-27.01	240	0.45
2126	MB-Ouro – VIGANO	-51.65	-27.35	457	0.44
74320000	Ponte do Sargento	-53.29	-26.68	320	0.44
2456	Maravilha	-53.18	-26.76	573	0.44
2226	Monte Castelo – Rodeio Grande	-50.20	-26.47	723	0.43
2235	Itainópolis – Rio Vermelho I	-49.86	-26.37	908	0.43
1505	Curitibanos – INMET	-50.60	-27.29	1040	0.43
73690001	Coronel Passos Maia	-52.02	-26.77	800	0.42
1506	Ituporanga – INMET	-49.65	-27.42	475	0.41
2027	ETE – Insular – Florianópolis	-48.56	-27.60	5	0.41
9031	PE – Campo Belo do Sul – Videira	-50.74	-27.67	929	0.41
2232	Irineópolis – Bom Retiro	-50.77	-26.32	815	0.41
2245	Criciúma – Centro	-49.37	-28.68	53	0.41
2058	Ponte R. João Susin Marini	-52.02	-27.23	587	0.41
1043	Criciúma	-49.41	-28.73	25	0.40
72810000	Tangará	-51.26	-27.09	630	0.40
2130	MB – Sombrio – TONETTO	-49.69	-29.06	12	0.40
2418	Fraiburgo – Fazenda Liberata	-50.91	-27.08	1038	0.40
1516	Araranguá – INMET	-49.50	-28.93	12.3	0.40
2436	Rio Rufino – SDS	-49.79	-27.86	854	0.40

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
2223	Porto União – Pintadinho	-51.04	-26.31	764	0.39
2419	Fraiburgo – Butiá Verde	-50.82	-27.04	1076	0.39
2381	Garuva – MDA	-48.84	-26.02	17	0.39
71350001	Encruzilhada II	-50.11	-27.51	800	0.39
2415	Frei Rogerio	-50.75	-27.19	872	0.39
2128	MB – Palmeiras – Ribeiro	-50.07	-27.58	849	0.39
2049	Barragem Contenção – Concórdia	-52.00	-27.23	627	0.39
2228	Três Barras – São João	-50.18	-26.18	798	0.39
2422	Ponte Serrada – SDS	-51.93	-26.92	1025	0.39
2435	Praia Grande – SDS	-49.97	-29.17	80	0.38
2407	Monte Carlo – SDS	-51.00	-27.23	1018	0.38
1050	Rancho Queimado	-49.05	-27.71	982	0.38
2380	São Bento do Sul – Rio Vermelho Povoado	-49.31	-26.27	845	0.38
1517	Itajaí – INMET	-48.76	-26.95	18	0.38
72715000	Rio das Antas	-51.08	-26.90	840	0.38
1504	Morro da Igreja	-49.48	-28.13	1810	0.38
1511	Rio Negrinho – INMET	-49.58	-26.25	862	0.38
1519	Major Vieira – INMET	-50.37	-26.40	817	0.38
2236	Urupema	-49.89	-27.96	1315	0.38
72849000	Joaçaba I	-51.48	-27.16	600	0.38
2129	MB – Águas Mornas – WEBER	-48.93	-27.76	229	0.38
2225	Papanduva – Rodeiozinho	-50.11	-26.43	872	0.38
1062	Luiz Alves – MDA	-48.91	-26.71	287	0.37
83010000	Ponte Moratelli	-50.02	-27.00	390	0.36
2221	Mafra – Campo Novo	-49.98	-26.17	895	0.36
1546	Joaçaba – INMET	-51.56	-27.17	776	0.36
2301	Meleiro	-49.64	-28.83	47	0.36
2392	Botuverá – MDA	-49.08	-27.21	34	0.36
2215	Campo Alegre – Faxinal	-49.29	-26.19	895	0.36

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
2037	Massaranduba – MDA	-49.01	-26.61	28	0.36
2239	Turvo – São Cristóvão	-49.67	-28.93	25	0.36
2229	Major Vieira – Rio Novo	-50.31	-26.54	930	0.35
1058	José Boiteux – MDA	-49.62	-26.97	287	0.35
71300000	Rio Bonito	-49.84	-27.70	900	0.35
2214	Painel – Pinheiros Altos	-50.14	-28.01	1257	0.35
2219	Papanduva – Carijós	-50.26	-26.38	810	0.35
1512	São Joaquim – INMET	-49.94	-28.28	1376	0.35
2293	Jacinto Machado – Picadão	-49.76	-28.98	32	0.34
2217	Irineópolis – Poço Preto	-50.84	-26.30	811	0.34
1503	Itapoá – INMET	-48.64	-26.08	2	0.34
2452	Ponte Alta do Norte – SDS	-50.46	-27.16	955	0.34
2310	Vargem – SDS	-50.98	-27.49	794	0.34
2450	Itapiranga – SDS	-53.76	-27.15	172	0.34
2029	Camboriú – EMASA Captação	-48.66	-27.02	2	0.33
73820000	Passo Pio X	-52.90	-26.86	320	0.33
2386	Presidente Getúlio – Serra dos Índios – MDA	-49.83	-27.06	565	0.33
2904	Laguna – SDS	-48.79	-28.48	2	0.33
2459	Seara – Nova Teutônia	-52.42	-27.17	330	0.32
1052	Jaraguá do Sul – MDA	-49.24	-26.55	92	0.32
2423	Bom Retiro – João Paulo – SDS	-49.61	-27.82	865	0.32
2390	São João do Itaperiú – MDA	-48.79	-26.61	77	0.32
2385	Tijucas – MDA	-48.67	-27.24	31	0.32
2455	Lages – Coxilha Rica – SDS	-50.47	-28.34	1012	0.31
2359	Criciúma – Rio Maina	-49.42	-28.68	49	0.31
1049	São Joaquim – Epagri	-49.93	-28.28	1375	0.31
2311	Ibiam – SDS	-51.23	-27.17	729	0.31
9024	PE – Timbé do Sul	-49.93	-28.81	658	0.31
2218	Major Vieira – Paiol	-50.25	-26.51	793	0.31

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
2363	Içara – Linha Zili	-49.26	-28.74	11	0.31
2382	Joinville – Pirabeiraba – MDA	-48.97	-26.16	58	0.31
71498000	Passo Marombas	-50.75	-27.33	829	0.31
2314	Fapesc SDR – Aurora	-49.56	-27.35	713	0.31
1045	Lontras – Salto Pilão	-49.52	-27.14	375	0.31
2384	Santo Amaro da Imperatriz – MDA	-48.74	-27.70	17	0.31
2313	Abdon Batista – SDS	-50.84	-27.62	746	0.31
2319	Fapesc SDR – Alfredo Wagner	-49.34	-27.71	640	0.30
2424	Florianópolis – Carijós – SDS	-48.49	-27.47	5	0.30
2312	Brunópolis – SDS	-50.84	-27.31	869	0.30
1009	Barragem São Bento Meteorológica	-49.56	-28.61	135	0.30
2318	Fapesc SDR – Leoberto Leal	-49.28	-27.51	581	0.30
2316	Fapesc SDR – Petrolândia	-49.61	-27.47	462	0.30
1053	Major Gercino – Campinho – MDA	-49.12	-27.48	800	0.29
2127	MB-Lontras – SPERANDIO	-49.52	-27.18	354	0.29
2397	Florianópolis – Santo Antônio de Lisboa – SDS	-48.51	-27.53	58	0.29
2406	Santa Cecília – SDS	-50.43	-26.94	1094	0.29
2412	São Joaquim – Despraiado	-49.81	-28.36	1250	0.29
2426	Witmarsum – SDS	-49.81	-26.91	461	0.29
71200000	Vila Canoas	-49.78	-27.80	900	0.29
2309	Zortéa – SDS	-51.54	-27.53	751	0.29
2369	Nova Veneza – Rio Cedro Médio	-49.54	-28.71	47	0.28
2270	Araranguá – Forquilha	-49.51	-28.91	7	0.28
2405	Monte Castelo – Alto Canoinhas – SDS	-50.26	-26.74	836	0.28
2402	Santa Terezinha – Projeto SDS	-49.99	-26.65	803	0.28
1064	Urupema – Morro de Urupema	-49.86	-27.92	1725	0.28
1051	Joinville – Vila Nova – MDA	-48.99	-26.34	47	0.28
2298	Jacinto Machado – Pinheirinho Alto	-49.87	-28.93	77	0.27
1061	Jaguaruna	-49.01	-28.66	40	0.27

Código	Nome	Longitude	Latitude	Altitude	Prioridade
2048	Rio Pequeno	-48.64	-27.03	5	0.27
2201	Camboriú – EMASA	-48.66	-27.02	4	0.27
2451	Otacílio Costa – Águas Paradas – SDS	-50.13	-27.42	886	0.26
2425	Vitor Meireles – SDS	-49.86	-26.85	683	0.26
2213	São Joaquim – Bentinho	-50.08	-28.20	1200	0.26
2033	Camboriú – Rio Canoas	-48.68	-27.06	11	0.25
2035	Guaramirim – MDA	-48.87	-26.54	11	0.25
2383	Antônio Carlos – MDA	-48.83	-27.52	35	0.25
2457	Lebon Régis – Fazenda Fertilidade – SDS	-50.82	-26.90	1139	0.25
1060	Balneário Barra do Sul – MDA	-48.62	-26.49	5	0.25
2379	Vargem – Ervalzinho – SDS	-51.08	-27.43	920	0.24
2391	Camboriú – Louro	-48.76	-27.12	234	0.24
2413	PE-CNPq – São Joaquim/Santa Isabel	-50.03	-28.13	1037	0.23
2373	Timbé do Sul	-49.86	-28.85	131	0.23
2387	Ilhota – Morro do Baú – MDA	-48.93	-26.78	272	0.23
2034	Ilhota – Baú Central – MDA	-48.86	-26.85	65	0.23
2292	Jacinto Machado – Serra da Pedra	-49.86	-29.02	135	0.22
2038	Barra Velha – Itajubá – MDA	-48.69	-26.69	6	0.22
2411	São Joaquim/Boava – BASF	-49.94	-28.36	1353	0.21
2075	Itapema – SDS	-48.61	-27.14	5	0.21
2399	Corupá – SDS	-49.32	-26.42	321	0.20
2389	Schroeder – MDA	-49.05	-26.37	71	0.20
2042	Camboriú – Rio do Braço	-48.70	-27.05	10	0.19
2355	Araranguá – ETA Lagoa da Serra	-49.43	-28.96	2	0.19
2437	Painel – Fazenda Barreiro – SDS	-50.04	-28.08	1028	0.19
2454	São Joaquim – Chapada Seca – SDS	-49.99	-28.20	1277	0.18
2393	Corupá – MDA	-49.28	-26.44	128	0.18
2903	Itapoá	-48.61	-26.19	3	0.16
2059	Ituporanga – SDS	-49.60	-27.42	370	0.09

www.facebook.com/epagri
www.twitter.com/epagrioficial
www.epagri.sc.gov.br
www.youtube.com/epagritv

