

Regionalização de modelos de vazões médias de longo período para o Estado do Ceará¹

Regionalization of average annual runoff models in Ceará State

Eunice Maia de Andrade², Marcio Menezes Porto³, Raimundo Nonato Távora Costa⁴, Marcos Meireles⁵, José Alves C. Neto⁶

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo desenvolver modelos de regionalização para estimativa das vazões médias de longo período. Neste estudo, empregaram-se três grupos de sub-bacias hidrográficas, previamente consideradas homogêneas pela técnica de agrupamento (cluster analysis). Os grupos I, II e III eram compostos por 11, 16 e 3 sub-bacias, respectivamente; perfazendo um total de 30 sub-bacias. Os dados de precipitação foram obtidos diretamente da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, da FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e da UFC - Universidade Federal do Ceará. Os dados físicos que caracterizam as sub-bacias foram estimados a partir de mapas na escala 1:100.000 do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (SGE). Foram desenvolvidas equações lineares múltiplas para cada grupo, tendo como variáveis independentes as características físicas e climáticas das bacias, e como variável dependente a vazão média. As análises foram realizadas empregando-se o programa SPSS v. 10.0, através do método da regressão seqüencial. Os resultados demonstraram que a variável área (A) pode ser utilizada de modo generalizado na estimativa da vazão média para as sub-bacias consideradas similares pela análise de agrupamento. Também ficou demonstrado que com a exclusão das sub-bacias consideradas discrepantes pela análise de regressão, ocorreu um acréscimo no coeficiente de determinação (r^2) de 0,507 para 0,728 no grupo I e de 0,753 para 0,898 no grupo II. As equações de melhor ajuste para os grupos I e II foram respectivamente: $Q_{mlp} = 0,0017A + 2,004$ e $Q_{mlp} = 0,002A + 2,993$.

Termos para indexação: Hidrologia comparativa, hidrologia de regiões semi-áridas e modelos estatísticos.

ABSTRACT

The main goal of this work was the development of average annual water yield regionalization models. In this study, three homogeneous groups of watersheds delineated previously by cluster analysis technique were used. The Groups I, II and III were composed of 11, 16 and 3 sub-watersheds, respectively, in a total of 30 sub-watersheds. The rainfall data set used in this research was obtained from three different sources: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica; FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia; and UFC - Universidade Federal do Ceará. Geomorphologic variables of all thirty sub-watersheds were estimated from Brazilian Army Geographic Service maps, scale 1:100.000; in a total of 68 maps. To evaluate how average annual water yield responds to the different variables, a stepwise multiple regressions analyses were performed on the data set. Predicted models were developed by application of SPSS program, v. 10. The results showed that area (A) was the most significant variable in the computation of average annual water yield. Also, it was observed that after sub-watersheds outlier exclusion, model coefficients showed a better goodness fit. Coefficient determination (r^2) changed from 0,507 to 0,728 in group I and went from 0,753 to 0,898 in group II. Upon evaluation of the regression statistics, the best equations to estimate average annual water yield to groups I e II were respectively: $Q_{mlp} = 0,0017A + 2,004$ e $Q_{mlp} = 0,002A + 2,993$.

Index terms: Comparative hydrology, semiarid hydrology and statistics models.

¹ Recebido para publicação em 12/01/2004. Aprovado em 14/05/2004.

Parte da dissertação de mestrado do segundo autor apresentado ao Departamento de Eng. Agrícola da UFC.

² Professor Adjunto III, Ph.D., Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola, C. Postal 12.168, Fortaleza-CE, (085) 288.9754, FAX: (085) 288.9756, e-mail: eandrade@ufc.br

³ Eng. Civil, M.Sc. Irrigação e Drenagem/DENA/UFC, e-mail: marporto@bol.com.br

⁴ Professor Adjunto IV, Dr, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Agrícola, e-mail: mtcosta@ufc.br

⁵ Eng. Agrônomo, aluno de mestrado em Irrigação e Drenagem; e-mail: marcosmeireles@bol.com.br.

⁶ Eng. Civil, aluno de mestrado em Irrigação e Drenagem.

Introdução

O conhecimento do potencial hídrico de uma unidade hidrográfica é fundamental para a adequada gestão dos recursos hídricos. Porém, nem sempre as informações hidrológicas necessárias para esse gerenciamento existem ou estão disponíveis, seja pelo escasso número de estações hidrométricas ou pelo curto período de observações (Oweis e Taimah, 1996; Chaves et al., 2002). Para contornar a limitação do número de postos de observação ou do tamanho das séries históricas, a técnica de regionalização hidrológica vem sendo aplicada por pesquisadores das mais diferentes partes do globo terrestre (Fill, 1987; Euclides et al., 2001; Andrade et al., 2001; Politano e Pissarra, 2003). A regionalização representa uma ferramenta para transferência das informações pontuais disponíveis, dentro de regiões hidrologicamente homogêneas, para locais com ausência ou deficiência de dados (Tucci, 2000; Silva Júnior et al., 2003).

Visando dar uma contribuição para um melhor conhecimento dos fluxos médios das bacias

hidrográficas do Estado do Ceará, este trabalho teve por objetivo desenvolver modelos estatísticos de predição da vazão média de longo período com base nas características geomorfológicas e precipitação das bacias hidrográficas do Estado do Ceará.

Material e Métodos

Neste estudo, utilizaram-se três grupos de sub-bacias hidrográficas, previamente considerados homogêneos pela técnica de agrupamento “cluster analysis”, empregando-se as seguintes variáveis: A (área de drenagem), L (comprimento do rio principal), Pm (precipitação) e Dd (densidade de drenagem), (Porto, 2003). Os grupos I, II e III eram compostos por 11, 16 e 3 sub-bacias, respectivamente; perfazendo um total de 30 sub-bacias; sendo todas situadas no Estado do Ceará. As características físicas e hidrológicas das sub-bacias que compõem cada grupo são apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3. O código e a posição geográfica de cada posto fluviométrico empregado neste estudo podem ser vistos na Figura 1.

Tabela 1 - Características físicas e precipitações das sub-bacias que compõem grupo I.

Postos	A (km ²)	L (km)	Pm (mm)	Dd (km km ⁻²)	Q (m ³ s ⁻¹)
F. Cajazeiras	1550	120	949,10	0,61	7,00
Ararius	600	48	786,70	1,08	6,70
Arneiroz	7980	124	638,20	0,82	7,20
Malhada	3578	108	655,90	0,72	3,50
S.Conceição	2250	122	976,00	0,53	5,40
Sítio Poços Dantas	3700	139	976,00	0,83	4,20
Carius	5718	127	968,80	0,78	13,40
Senador Pompeu	5200	142	730,80	0,66	12,40
Quixeramobim	7100	126	700,00	0,62	14,80
Missão Velha	1903	30	854,40	1,02	4,30
L. Mangabeira	8400	126	889,10	0,85	18,10
Coef.Variação (%)	61,96	33,16	15,98	22,07	56,45

A – área de drenagem; L - comprimento do rio principal; Pm - precipitação total anual; Dd - densidade de drenagem e Q – vazão média anual

Tabela 2 - Características físicas e precipitações das sub-bacias que compõem o grupo II.

Postos	A (km ²)	L (km)	Pm (mm)	Dd (km km ⁻²)	Q (m ³ s ⁻¹)
Moraújo	1650	75	1061,70	0,29	10,40
Granja	3720	149	1190,90	0,25	25,70
V. Grosso	5950	150	845,10	0,36	12,90
Trapiá	1520	95	709,00	0,35	5,40
Fazenda Paraná	2380	105	753,50	0,38	2,60
Groaíras	2700	155	845,10	0,42	7,50
Amontada	2800	122	1083,70	0,33	10,80
São Luís do Curu	7100	121	724,30	0,32	19,90
Sítios Novos	430	63	936,40	0,28	2,70
Umarituba Ponte	500	74	1012,30	0,28	2,40
Caio Prado	1755	80	800,40	0,20	3,70
Chorozinho	4050	162	839,60	0,14	14,50
Cristais	2000	90	824,60	0,27	6,40
Iguatu	21000	264	854,40	0,43	2,90
Morada Nova	17900	252	745,70	0,36	39,80
Icó	12000	176	793,40	0,51	26,00
Coef. Variação (%)	113,4	44,95	16,16	28,16	95,92

Tabela 3 - Características físicas e precipitações das sub-bacias que compõem o grupo III.

Postos	A (km ²)	L (km)	Pm (mm)	Dd (km km ⁻²)	Q (m ³ s ⁻¹)
Alto Santos	44500	452	772,60	0,37	98,90
Tabuleiro do Norte	48200	496	744,50	0,55	130,60
Jaguaribe	39000	389	741,60	0,39	66,80
Coef. Variação (%)	10,54	12,07	2,27	22,60	32,29

Os dados de precipitação e vazão foram obtidos diretamente da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, da FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e da UFC - Universidade Federal do Ceará; e correspondiam a uma série histórica de 30 anos (1970 a 1999). Os dados físicos que caracterizam as sub-bacias foram estimados a partir de mapas na escala 1:100.000 do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (SGE), em um total de 68 folhas cartográficas.

Equações lineares foram desenvolvidas, tendo como variáveis independentes as características

físicas e a precipitação média das bacias, e como variável dependente a vazão média. Não foi calibrado modelo para o grupo III devido ao pequeno número de sub-bacias que o compõe. As análises foram executadas utilizando-se o programa SPSS v. 10.0 (Norusis, 1990), sendo obtidos, através do método da regressão seqüencial - (the stepwise regression procedure); os coeficientes da equação, o coeficiente de determinação (r^2); o coeficiente de determinação ajustado (r^2_{ajust}), o valor de significância da equação (F) e o teste t para testar os parâmetros da regressão.

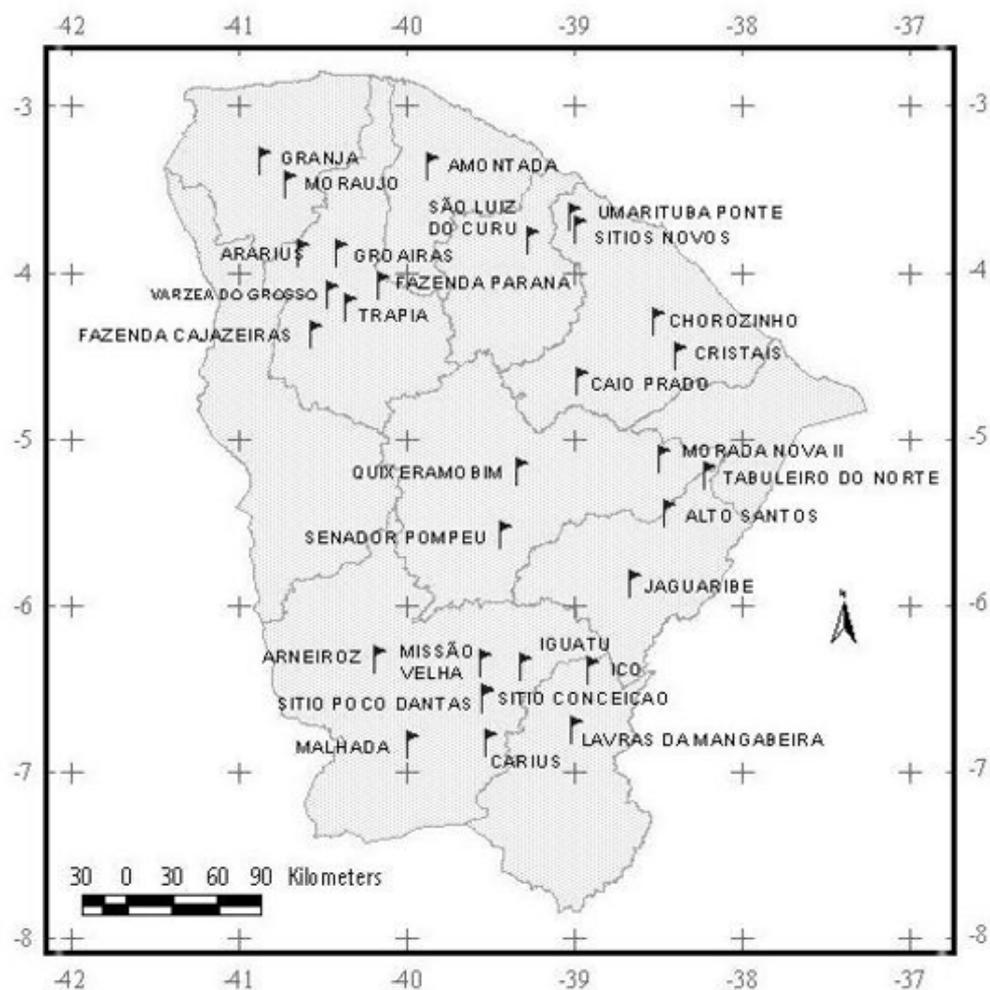


Figura 1 - Distribuição espacial dos postos fluviométricos no Estado do Ceará.

A análise de regressão investiga como as variações em uma ou mais variáveis independentes afetam a variação da variável dependente. A função estatística que relaciona as variáveis empregadas neste estudo é da seguinte forma:

$Q = f(A, L, Dd, Pm, D)$. O modelo utilizado foi:

$$Q_m = b_0 + b_1 A + b_2 L + b_3 Dd + b_4 Pm + e_i \quad (1)$$

Sendo:

Q_m – vazão média;

A – área de drenagem da bacia;

L - comprimento do rio principal;

Dd – densidade de drenagem;

Pm – precipitação;

b_0 – constante de regressão;

$(b_1 \dots b_5)$ – coeficientes das variáveis.

Para se identificar possíveis sub-bacias discrepantes, desenvolveu-se o teste do resíduo apresentado por Farias (1998). O teste consiste na construção do gráfico dos resíduos versus variáveis predictoras, que verifica se a função de regressão é adequada aos dados.

Resultados e Discussão

Quando se trabalha com regionalização deve-se, quando possível, utilizar variáveis que possam ser obtidas através de mapas, como uma decorrência da escassez de dados na área de hidrologia (Franchini e Suppo, 1996; Andrade e Hawkins, 2000). De acordo com os resultados, para os grupos I e II, o modelo que apresentou a área como variável independente, foi o que expressou um melhor ajuste. As demais variáveis não acrescentaram

à regressão informações significativas ao nível de 5%. Em geral, a área é a variável explicativa com maior peso na regressão e usualmente embute as informações referentes às outras variáveis físicas como declividade e comprimento do rio (Tucci, 2000; Politano e Pissara, 2003). Portanto, quando estas últimas não apresentarem significância, provavelmente a área já explicou a variabilidade, devido a correlação existente entre as mesmas.

A Figura 2 corresponde ao modelo selecionado da vazão média de longo período para o primeiro grupo, onde se pode verificar que, somente, 50,74% das variações das vazões médias podem ser explicadas por variações em áreas de drenagem segundo o modelo linear considerado. Tais resultados podem ser explicados pela presença de valores discrepantes, demonstrando que alguns postos presentes neste grupo apresentam comportamento ou resposta hidrológica diferente dos demais.

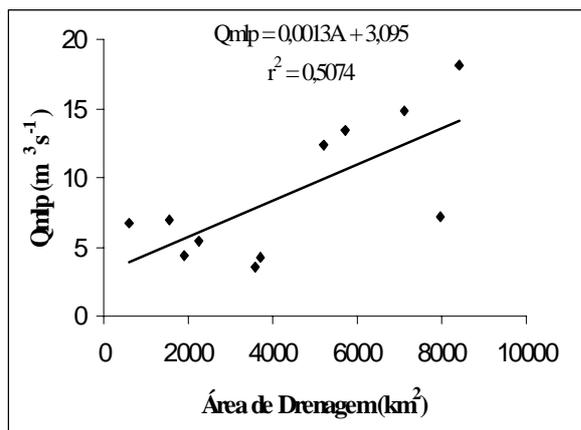


Figura 2 – Melhor ajuste da reta para o grupo I contendo as sub-bacias discrepantes.

Através do gráfico dos resíduos (Figura 3), nota-se que Arneiroz é o posto que apresenta o maior erro com relação a área de drenagem da bacia. Tal resultado indica que a resposta hidrológica desta sub-bacia pode ser induzida por outros fatores que não foram considerados neste estudo. O gráfico dos resíduos indica que os erros tendem a ser maiores para grandes valores de área de drenagem. Estes resultados vão de encontro aos observados por Silva Júnior et al. (2003), onde as incertezas foram maiores para bacias com áreas inferiores a 10 km².

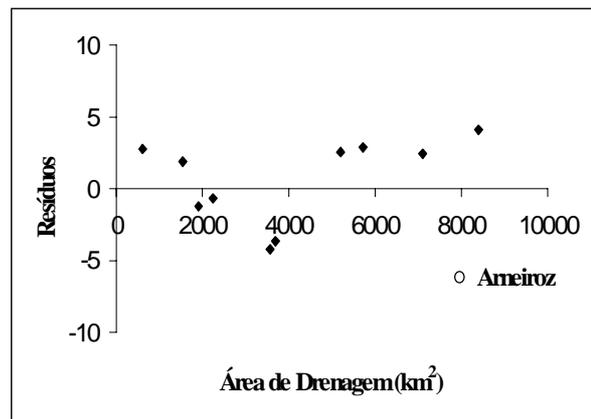


Figura 3 – Identificação de sub-bacias discrepantes no grupo I.

Assim sendo, em função da análise gráfica dos resíduos, eliminou-se a sub-bacia discrepante e uma nova calibração do modelo foi realizada. A melhor equação para se estimar a vazão média de longo período para o primeiro grupo depois da exclusão do posto Arneiroz é apresentada na Figura 4.

Ainda, através da Figura 4 pode-se observar que a descarga média de longo período (Q_{mp}) é linearmente correlacionada com a área da sub-bacia, indicando que sub-bacias de maior porte são mais eficientes para a região estudada. Esta relação linear e positiva, observada neste estudo, pode ser em decorrência dos solos cristalinos e rasos predominantes no território cearense, onde grande parte do total precipitado se transforma em escoamento superficial. Resultados semelhantes foram observados por Euclides et al. (2001) para bacias do Estado de Minas Gerais.

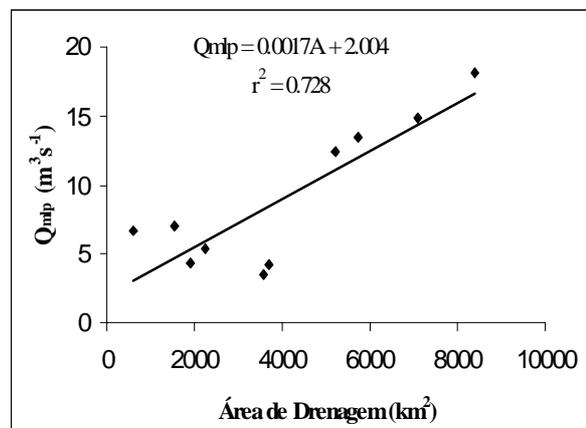


Figura 4 - Modelo do grupo I após a exclusão da sub-bacia discrepante.

Verifica-se, com a exclusão do posto discrepante, um aumento de 0,507 para 0,728 no valor do coeficiente de determinação (r^2), significando que 72,8%

da variação da vazão média em função da área de drenagem pode ser explicada pelo modelo, sendo significativo a um nível de 0,2% de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise da regressão para o grupo I.

Equações	r	r^2	r^2_a	F	P > F (%)
$Q_{mlp} = 0,0013A + 3,095$	0,712	0,507	0,453	9,271	1,4
* $Q_{mlp} = 0,0017A + 2,004$	0,853	0,728	0,694	21,438	0,2

* Após a exclusão do posto de Arneiroz

A significância dos parâmetros da reta do grupo I, para as duas condições testadas; com o posto de Arneiroz incluso e após a exclusão do mesmo pode ser visto na Tabela 5. Através da referida tabela, pode-se observar que com a presença do posto discrepante o coeficiente angular do parâmetro da equação pode ser zero, o que invalida a hipótese da existência da regressão linear (Farias, 1998). Após a

eliminação do posto discrepante houve acréscimo no coeficiente angular de 0,0013 para 0,0017, para um grau de confiança de 95%. O intervalo de confiança, para o coeficiente angular do parâmetro da equação, não inclui o valor zero; não rejeitando-se a hipótese da existência da regressão linear entre a vazão média de longo período e a área de drenagem, ou seja, o coeficiente angular é diferente de zero.

Tabela 5 – Análise da significância dos parâmetros do grupo I.

Equações	Parâmetros	STD Erro	t	Signif %	Intervalo
$Q_{mlp} = 0,0013A + 3,095$					
Coef. constante(CC)	3,0950	2,183	1,138	23,4	$-1,844 \leq CC \leq 8,034$
Coef. angular(CA)	0,0013	0,000	3,045	1,4	$0,000 \leq CA \leq 0,002$
*$Q_{mlp} = 0,0017A + 2,004$					
Coef. constante(CC)	2,0040	1,761	1,418	19,0	$-2,058 \leq CC \leq 6,065$
Coef. angular(CA)	0,0017	0,000	4,630	0,2	$0,001 \leq CA \leq 0,003$

* Após a exclusão do posto de Arneiroz.

Observa-se, também, que o erro do desvio passa a ser zero e a significância de t decresce em mais de 500% com a exclusão da bacia discrepante. Tais fatos indicam ser a segunda equação a mais indicada no emprego da estimativa da vazão média de longo período para o grupo I.

A Figura 5 corresponde ao modelo selecionado da vazão média de longo período para o grupo II. Pode-se observar que a vazão de longo período para o grupo II também apresenta uma relação linear direta. Pesquisadores como Osborn e Renard (1970) mostraram que em cursos efêmeros, onde o leito apresenta um alto potencial de absorção (perdas em trântos), o escoamento por unidade de área decresce com o tamanho da bacia contribuinte.

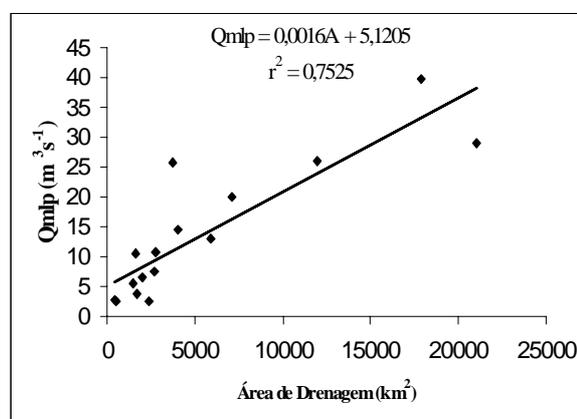


Figura 5 - Melhor ajuste da reta para o grupo II contendo as sub-bacias discrepantes.

Analisando-se a Figura 6, identifica-se a presença de sub-bacias discrepantes no segundo grupo. De acordo com Volpe (1990), um ponto discrepante (outlier) detém um resíduo muito maior do que os outros. No diagrama original de dispersão, um ponto discrepante deve aparecer como um ponto muito afastado da reta de melhor ajuste. Pela referida figura, tem-se que Morada Nova, Iguatu, Fazenda Paraná, Granja são os postos que apresentam os maiores erros. Possivelmente, características que não foram incorporadas neste estudo, como tipos de solos, vegetação e uso da terra, exerçam uma influência no modelo estudado (Silva Júnior et al., 2003). A Figura 6 demonstra que o resíduo é independente da variável área, uma vez os maiores resíduos foram registrados em pequenas e grandes bacias hidrográficas.

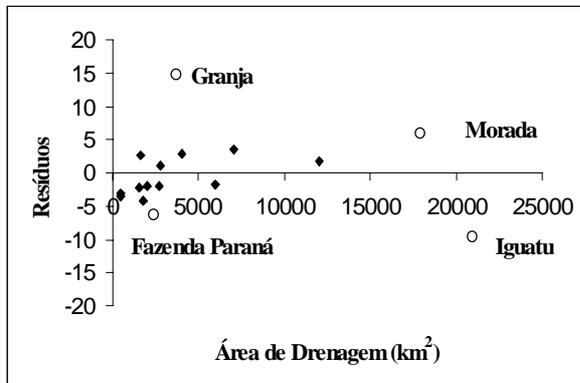


Figura 6 - Sub-bacias discrepantes no grupo II.

Visando facilitar o emprego da equação de regressão linear simples no processo de previsão da vazão média de longo período, realizou-se nova regressão sem os postos considerados discrepantes (Morada Nova, Iguatu, Fazenda Paraná e Granja), obtendo-se um melhor ajuste do modelo (Figura 7).

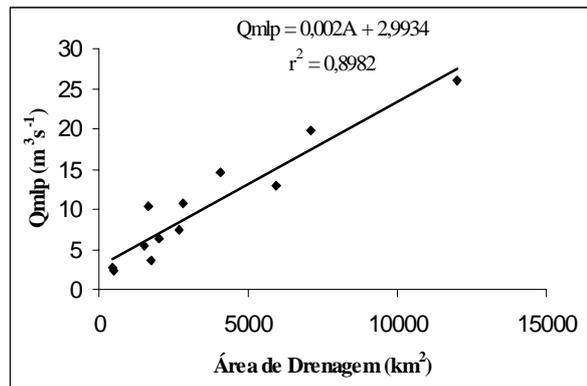


Figura 7 - Modelo do grupo II após a exclusão das sub-bacias discrepantes.

O modelo apresentou um coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,898, significando que 89,8% da variação da vazão média em função da área de drenagem pode ser explicada pelo modelo (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise da regressão para o grupo II.

Equações	r	r^2	r_a^2	F	P > F (%)
$Q_{mlp} = 0,0016A + 5,1205$	0,867	0,753	0,735	42,57	0,0
* $Q_{mlp} = 0,0020A + 2,9932$	0,948	0,898	0,888	88,42	0,0

* Após a exclusão dos postos discrepantes

Como pode ser visto na tabela supra citada, a área de drenagem contribui positivamente para o modelo, sendo significativo com F igual a 88,24, a um nível de significância de 0,0%. Acredita-se que o melhor ajuste do modelo linear, para o referido grupo, seja em função dos solos rasos predominantes na região, apresentando baixíssima infiltração; onde um alto percentual da recarga pluvial transforma-se em escoamento superficial. Uma relação linear entre a área de drenagem e a vazão média de longo período foi observada por Euclides et al., 2001.

Observa-se, na Tabela 7, a significância dos

parâmetros da reta do grupo II, onde se verifica que houve um decréscimo na constante de 5,1205 para 2,9932, sendo significativo em nível de 1,6% de probabilidade. O intervalo de confiança, para o coeficiente angular igual a 0,002, não inclui o valor zero; portanto rejeita-se a hipótese de nulidade.

Embora no modelo em que as sub-bacias discrepantes estejam inclusas, o coeficiente angular da variável área tenha sido diferente de zero, optou-se pelo segundo modelo, uma vez que um maior percentual (89,8%) da variabilidade da vazão média de longo período pode ser explicado pelo parâmetro da equação.

Tabela 7 – Análise da significância dos parâmetros do grupo II.

Equações	Parâ- metros	STD Erro	t	Signt %	Intervalo
Qmlp=0,0016A+5,1205					
Coef.constante(CC)	5,1210	1,960	2,612	2,00	0,916 <= CC <= 9,325
Coef.angular(CA)	0,0016	0,000	6,525	0,00	0,001 <= CA <= 0,002
*Qmlp=0,002A+2,9932					
Coef.constante(CC)	2,9932	1,038	2,883	1,60	0,680 <= CC <= 5,307
Coef.angular(CA)	0,002	0,000	9,394	0,00	0,002 <= CA <= 0,003

* Após a exclusão dos postos discrepantes.

Pela Tabela 7 observa-se que o erro do desvio não se faz presente e a significância de t foi igual a zero. Assim sendo, em função dos testes estatísticos aplicados, as melhores equações para se estimar as vazões médias para os grupos I e II são:

Grupo I

$$Q_{mlp} = 0,0017A + 2,004 \quad r^2 = 0,728$$

Grupo II

$$Q_{mlp} = 0,002A + 2,993 \quad r^2 = 0,898$$

Tomando como base os coeficientes de melhor ajuste e as características geomorfológicas das sub-bacias estudadas, elaborou-se um mapa (Figura 8) contendo as regiões onde cada modelo desenvolvido pode ser empregado na estimativa da vazão média de longo período. Pode-se observar que a região correspondente ao grupo I situa-se na parte central e sul do Ceará, sendo a mesma representativa do sertão cearense e chapada do Araripe. É nesta região que se encontram as nascentes dos principais cursos d'água do Estado.

Já a região definida como o grupo II abrange toda a área do Estado que recebe uma maior influência do litoral. Ainda, pela referida figura, observa-se que as regiões hidrologicamente homogêneas apresentaram continuidade geográfica não confirmando os resultados encontrados por Franchini e Suppo, (1996); Andrade e Hawkins (2000). Os referidos autores afirmam que a similaridade das regiões hidrológicas pode apresentar descontinuidade geográfica. Acredita-se que a continuidade de áreas

as tão extensas, definidas neste trabalho, seja em decorrência da baixa densidade de postos fluviométricos distribuídos no Estado do Ceará. Tal fato limita a identificação das regiões hidrológicas homogêneas com uma maior acuracidade.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

1. A presença do posto de Arneiroz, no grupo I, invalida o modelo linear;
2. Na análise de regressão, a área de drenagem foi a variável que melhor explicou a variação da vazão média nas duas regiões testadas;
3. Para os dois grupos formados, a vazão média apresentou relação linear com a área de drenagem das sub-bacias hidrográficas do Ceará;
4. As incertezas no emprego destas equações empíricas independem da dimensão da área da bacia hidrográfica.

Agradecimentos

Os autores agradecem a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica por ter atuado como órgão financiador e pela liberação das séries históricas empregadas nesta pesquisa. Agradecem, também, à FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia, pela liberação de dados.

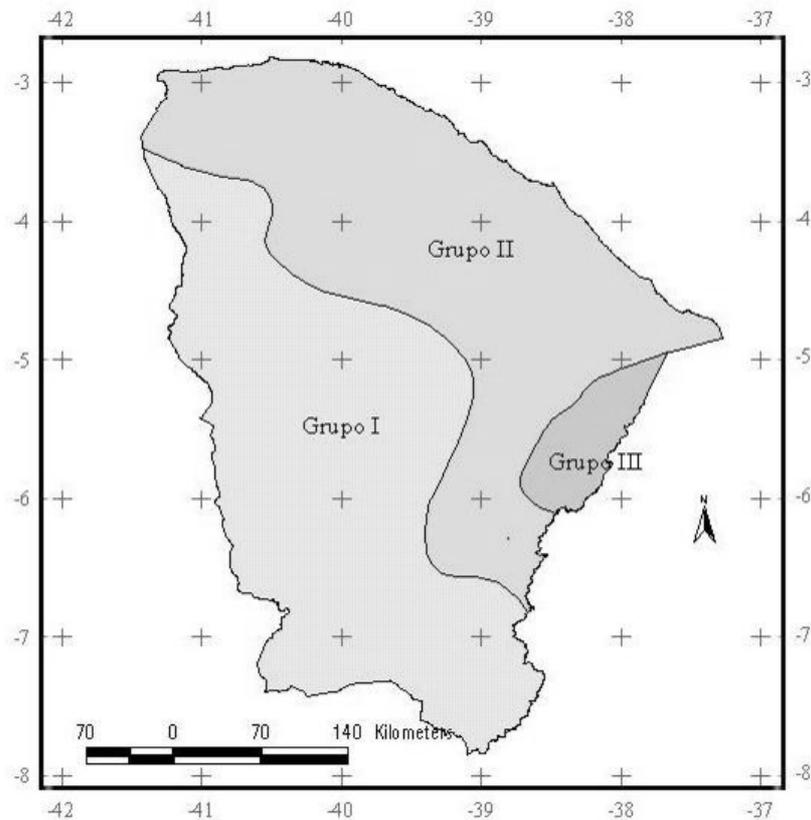


Figura 8 – Regiões hidrologicamente homogêneas para vazão média de longo período do Ceará.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, E. A.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, I. H.; AQUINO, L. C.; OLIVEIRA, M. S. Regionalização de bacias hidrográficas na região litorânea do Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., Aracaju, 2001. **Anais...** Aracaju: vídeo congress.

ANDRADE, E. A.; HAWKINS, R. H. Aplicação da função de Andrews na avaliação da regionalização de bacias em regiões áridas e semi-áridas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.5, n.4, p.17-24, out. 2000.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.7, n.3, p.43-51, jul. 2002.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; SANTOS, R. M. Regionalização hidrológica na Bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.6, n.2, p.81-105, abr. 2001.

FARIAS, A. A. **Estatística Aplicada**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 1998. 322p.

FILL, H. D. Informações hidrológicas. In: modelos para gerenciamento de recursos hídricos. (**Coleção ABRH de Recursos Hídricos**), São Paulo, Nobel/ABRH, 1987.

FRANCHINI, M.; SUPPO, M. Regional analysis of flow duration curves for a limestone region. **Water Resource Management**, Dordrecht, Netherlands, v.10, p.199-218, 1996.

LOPES, V. L.; ANDREASSIAN, V. P.; ANDRADE, E. M. Análise comparativa do comportamento de bacias sob clima tipo Mediterrâneo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.4, n.1, p.49-56, jan. 1999.

NORUSIS, M. J. **SPSS Base System User's Guide**. SPSS Inc. Chicago, 1990. 520p.

OSBORN, H. B.; RENARD, K. G. Thunderstorm runoff on the Walnut Gulch experimental watershed, Arizona, U.S.A. In: IASH SYMPOSIUM ON RESULTS OF RESEARCH ON REPRESENTATIVE AND EXPERIMENTAL BASINS. **Proc...**, Wellington: New Zeland, 1970, p.455-464.

OWEIS, T. Y.; TAIMEH, A. Y. Evaluation of a small basin water-harvesting system in the arid region of Jordan. **Water Resources Management**, Dordrecht, Netherlands, v.10, p.21-34, 1996.

POLITANO, W.; PISSARRA, T. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.179-186, jan. 2003.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Instrumentos regulatórios e econômicos – aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do rio Pirapama, PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.6, n.4, p.41-70, out. 2001.

RIGHETTO, A. M.; GUIMARÃES FILHO, J. A. Utilização ótima dos recursos hídricos superficiais do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.19-30, abr. 2003.

SILVA JÚNIOR, O. B.; BUENO, E. O.; TUCCI, E. M.; CASTRO, N. M. R. Extrapolação espacial na regionalização da vazão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.1, p. 21-37, jan. 2003.

TUCCI, C. E. M. Regionalização das vazões – **Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL – IPH – UFRGS**. Porto Alegre, 2000.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.7-17, abr. 2003.

VOLPE, W. L. **Diagnósticos em regressão: uma revisão e desenvolvimento de um sistema computacional**. Piracicaba, 1990. 106 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Experimental) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.