

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
ISSN 0100-3453

**Determinação do ano hidrológico visando a
quantificação do balanço hídrico em
microbacias experimentais**

**Cláudia Moster
Walter de Paula Lima
Maria José Brito Zakia
Carla Daniela Câmara**

CIRCULAR TÉCNICA



Nº 197 JUNHO 2003

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/>

Determinação do ano hidrológico visando a quantificação do balanço hídrico em microbacias experimentais

Determining the water year of experimental catchments

Cláudia Moster

Walter de Paula Lima

Maria José Brito Zakia

Carla Daniela Câmara

RESUMO: A determinação do ano hidrológico de uma microbacia é de fundamental importância para o monitoramento hidrológico quantitativo. Dessa forma, é possível utilizar a equação simplificada do balanço hídrico, considerando a variação do armazenamento de água no solo como um valor próximo a zero. O objetivo deste estudo foi determinar o ano hidrológico, a partir do Balanço Hídrico de Thornthwaite, para as seguintes localidades: Imperatriz - MA, Alagoinhas - BA, Jacaréí - SP, Itatinga - SP e Porto Alegre - RS.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrologia, Ano hidrológico, Balanço hídrico, Microbacia

ABSTRACT: The definition of the catchment's water year is basic to quantitative hydrological monitoring and also to use the simplified water balance equation. During the water year the soil water storage variation can be considered negligible. The objective of this study was related to the determination of the water year for experimental catchments located in Imperatriz - MA, Alagoinhas - BA, Jacaréí - SP, Itatinga - SP and Porto Alegre - RS, using the Thornthwaite and Mather Water Balance for these locations as reference.

KEYWORDS: Hydrology, Water year, Water balance, Catchment

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração total de uma cobertura vegetal durante um dado período não é apenas o resultado da transpiração, mas a soma da transpiração e das perdas por interceptação e por evaporação direta da superfície. Assim, o consumo total de água em florestas é composto, principalmente, da transpiração e da interceptação, que é muito dependente do regime de chuvas da área. Comparativamente à vegetação florestal, a vegetação rasteira apresenta taxas de evaporação da água interceptada bem menores e muito semelhantes às taxas de transpiração (Lima, 1996).

A evaporação ocorre naturalmente no solo, lagos, rios e na superfície da vegetação (água interceptada). Assim, a quantificação da evaporação apresenta dificuldades. A evapotranspiração potencial vem ser a quantidade de água que poderia ser perdida de uma superfície coberta completamente por vegetação, se houvesse água suficiente no solo para o uso das plantas. A evapotranspiração de-

pende da radiação solar, dos ventos, da cobertura vegetal e da natureza do solo (Thornthwaite e Mather, 1955).

O balanço hídrico de uma região é definido como contabilidade de entrada e saída de água do solo. A entrada de água é representada pela precipitação e a saída, pela evapotranspiração potencial. É o método que melhor se adapta para quantificar o potencial hídrico de uma região, uma vez que há uma interação entre os efeitos edáficos, através do conhecimento do armazenamento de água (função das características do solo), e climático, através da precipitação e evapotranspiração potencial (Amorim Neto, 1989).

A diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial ($P - ETP$) indica quando a planta tem suas exigências hídricas plenamente satisfeitas ($P - ETP > 0$) e há excesso de água, ou quando há deficiências hídricas ($P - ETP < 0$) (Amorim Neto, 1989).

O armazenamento (ARM) representa a quantidade de água que o solo comporta na

sua profundidade efetiva ou no caso da planta, na profundidade equivalente a 80% do comprimento do seu sistema radicular. Este parâmetro pode ser denominado também de água disponível ou capacidade de água disponível (CAD). Nos meses em que a coluna (P – ETP) possuir valor negativo, considera-se a coluna de armazenamento sempre com valor igual a zero (Amorim Neto, 1989). Desse modo, podemos considerar que o armazenamento mínimo de água no solo será o mês em que a coluna (P –ETP) apresentar o menor valor.

Cicco (1985) comenta que o ano hidrológico é melhor caracterizado quando a capacidade de armazenamento de água na bacia hidrográfica é mínima, julgando a partir de um escoamento mensal e de uma vazão diária mínima, a qual pode representar o escoamento básico de uma bacia. Sendo assim, o ano hídrico é determinado a partir do mês de início da estação chuvosa ao final da estação seca.

Para avaliar as flutuações de cheias periódicas através da medição da descarga nos rios, é essencial usar o ano hidrológico como unidade de tempo, quando a consequência do tratamento na descarga total está sendo determinada. Em regiões com uma precipitação estacional, o ano hídrico, começando e terminando logo antes da primeira chuva deve ser utilizado (Wicht, 1943).

Tomando-se um intervalo de tempo (doze meses) em que o armazenamento inicial e final de água no solo seja mínimo, a variação de armazenamento de água no solo tende a zero. Ou seja, a variação de armazenamento de água no solo é igual à diferença entre o armazenamento no 12º mês e o armazena-

mento no 1º mês. Quando esta variação tende a zero, pode-se considerar que a evapotranspiração é igual à diferença entre a precipitação e o deflúvio medido na microbacia, durante o período anual.

Neste trabalho procurou-se determinar o ano hídrico para cinco microbacias experimentais localizadas em diferentes localidades: Imperatriz – MA, Alagoinhas – BA, Itatinga – SP, Jacareí – SP e Porto Alegre – RS. Estas microbacias experimentais fazem parte da rede de monitoramento ambiental em microbacias do PROMAB, Programa cooperativo de pesquisa em hidrologia florestal do IPEF. O balanço hídrico de Thornthwaite e Mather foi utilizado, com médias de 30 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Através do Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather (Sentelhas et al., 2000), com dados de médias mensais de 30 anos, determinou-se o mês com maior deficiência hídrica. O mês considerado apresentou o menor valor para a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial mensal (P – ETP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Imperatriz, MA

A Tabela 1 apresenta os dados de entrada para a realização do Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather para o município Imperatriz, MA. Observa-se que agosto é o mês que apresenta um menor armazenamento de água no solo (menor valor na coluna P-ET). Desse modo, pode-se considerar o ano hídrico de Imperatriz como sendo o período de agosto a julho.

Tabela 1

Dados para o Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather para Imperatriz, MA.
(Thornthwaite & Mather Water Balance for Imperatriz, MA)

Meses	Num de dias	T oC	P mm	N horas	I	a	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	30	26,0	226,0	12,3	12,1	3,7	128,21	97,8	0,0	100,00	41,92	128,2	0,0	55,9
Fev	28	25,9	228,0	12,2	12,1	3,7	117,22	110,8	0,0	100,00	0,00	117,2	0,0	110,8
Mar	31	26,0	279,0	12,1	12,1	3,7	130,32	148,7	0,0	100,00	0,00	130,3	0,0	148,7
Abr	30	26,2	197,0	12,0	12,3	3,7	128,06	68,9	0,0	100,00	0,00	128,1	0,0	68,9
Mai	31	26,6	55,0	11,8	12,6	3,7	138,31	-83,3	-83,3	43,47	-56,53	111,5	26,8	0,0
Jun	30	26,2	16,0	11,7	12,3	3,7	125,37	-109,4	-192,7	14,56	-28,91	44,9	80,5	0,0
Jul	31	26,4	6,0	11,7	12,4	3,7	133,06	-127,1	-319,7	4,09	-10,47	16,5	116,6	0,0
Ago	31	27,0	10,0	11,8	12,8	3,7	145,60	-135,6	-455,3	1,05	-3,03	13,0	132,6	0,0
Set	30	27,0	38,0	11,9	12,8	3,7	142,55	-104,6	-559,9	0,37	-0,68	38,7	103,9	0,0
Out	31	27,3	85,0	12,0	13,1	3,7	155,50	-70,5	-630,4	0,18	-0,19	85,2	70,3	0,0
Nov	30	26,9	123,0	12,2	12,8	3,7	144,19	-21,2	-651,6	0,15	-0,03	123,0	21,2	0,0
Dez	31	26,4	198,0	12,3	12,4	3,7	140,06	57,9	-54,3	58,08	57,94	140,1	0,0	0,0
TOTAIS		317,9	1461,0	144,0	149,8	44,7	1628,46	-167,5		522	0,00	1076,7	551,7	384,3
MÉDIAS		26,5	121,8	12,0	12,5	3,7	135,70	-14,0		43,5		89,7	46,0	32,0

A Figura 1 apresenta os dados de Precipitação mensal, Evapotranspiração Potencial mensal (EP) e Evapotranspiração Real mensal (ER), em milímetros, durante o ano hídrico de Imperatriz. A Figura 2 apresenta os valores de deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Imperatriz, MA.

Pode-se observar que a diferença entre o

armazenamento de água no solo entre os meses julho e agosto é muito baixa, ou seja, o valor tende a zero. Desse modo, quando se utiliza o ano hídrico, como sendo o período entre agosto e julho, pode-se utilizar a equação simplificada de balanço hídrico para uma microbacia nesta localidade e aí determinar o consumo de água pela vegetação.

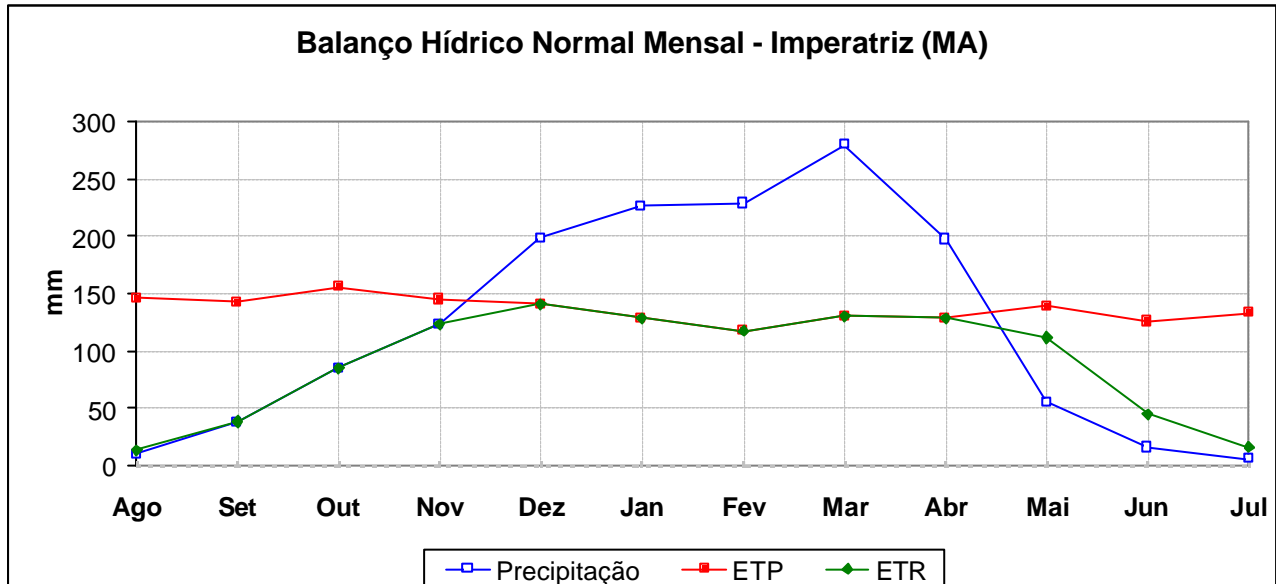


Figura 1

Balanco Hídrico Normal Mensal para o ano hídrico de Imperatriz, MA.
(Monthly water balance for the water year of Imperatriz, MA)

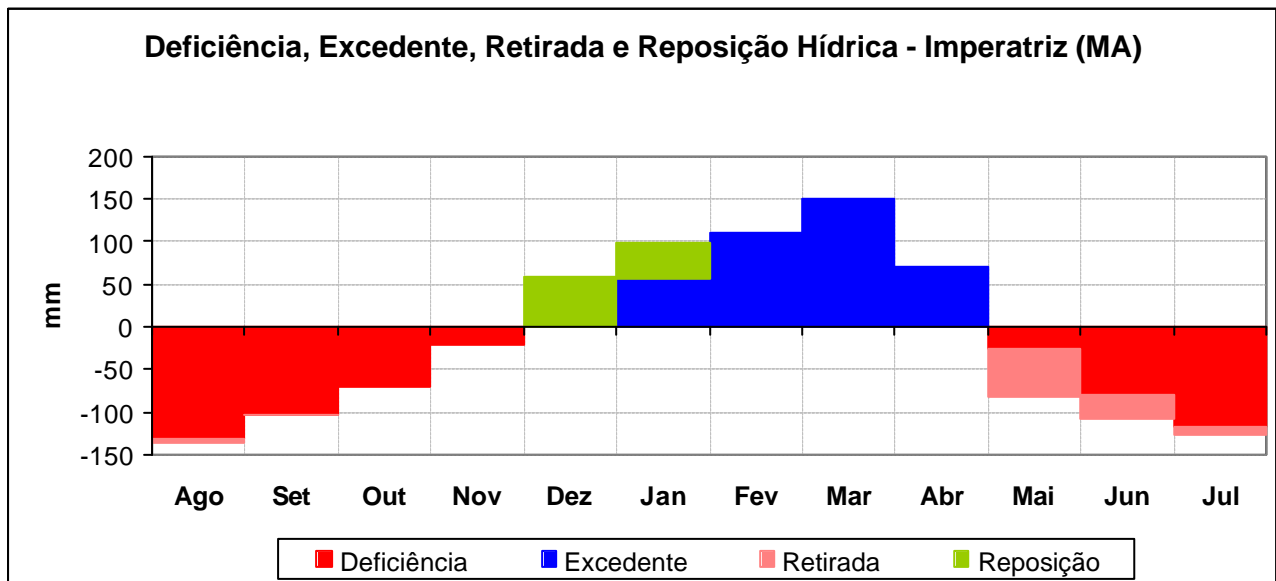


Figura 2

Deficiencia, excedente, retirada e reposicao para o ano hídrico de Imperatriz, MA.
(Monthly water deficit, water surplus, soil water with drawn and soil water recharge for the water year of Imperatriz, MA)

Alagoinhas – BA, Itatinga – SP, Jacareí – SP, Porto Alegre – RS

O ano hidrológico foi determinado para as outras localidades, à semelhança do realizado para Imperatriz, MA.

As figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam o gráfico de deficiência, excedente, retirada e reposição para Alagoinhas – BA, Itatinga – SP, Jacareí – SP e Porto Alegre – RS, respectivamente.

A Figura 3 mostra que no mês de janeiro a

deficiência de água no solo para Alagoinhas, BA, é maior que nos outros meses. Desse modo, considera-se o ano hídrico de Alagoinhas o período de janeiro a dezembro.

Na Figura 4 pode-se verificar que, para Itatinga, SP, o mês de agosto apresenta maior deficiência de água no solo que os outros meses. Desse modo, considera-se o ano hídrico de Itatinga o período de agosto a julho.

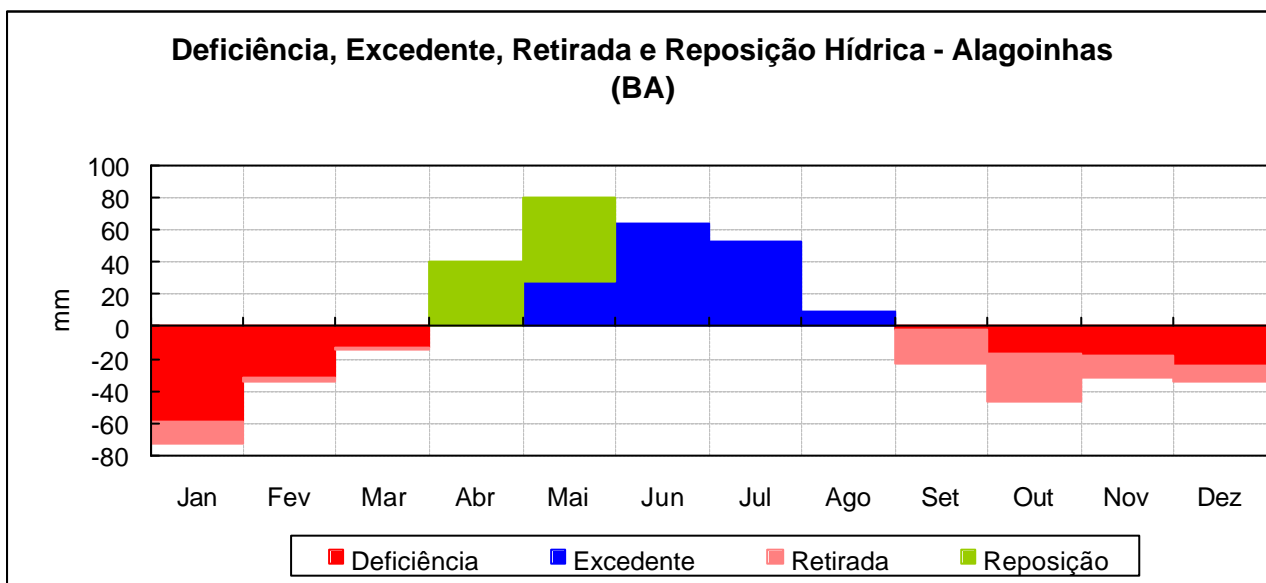


Figura 3

Deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Alagoinhas, BA.

(Monthly water deficit, water surplus, soil water with drawn and soil water recharge for the water year of Alagoinhas, BA)

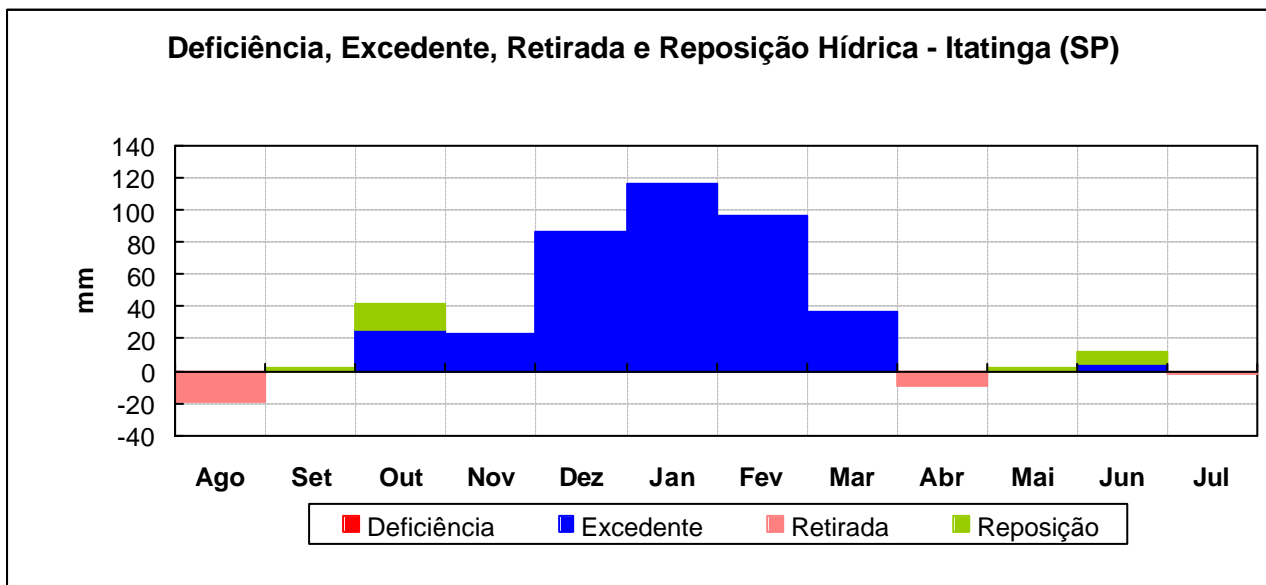


Figura 4

Deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Itatinga, SP.

(Monthly water deficit, water surplus, soil water with drawn and soil water recharge for the water year of Itatinga, SP)

A Figura 5 mostra que no mês de agosto a deficiência de água no solo, para Jacareí, SP, é maior que nos outros meses. Desse modo, considera-se o ano hídrico de Jacareí o período de agosto a julho.

Na Figura 6 verifica-se que no mês de janeiro, para Porto Alegre, RS, a deficiência de água no solo é maior que nos outros meses. Desse modo, considera-se o ano hídrico dessa região o período de janeiro a dezembro.

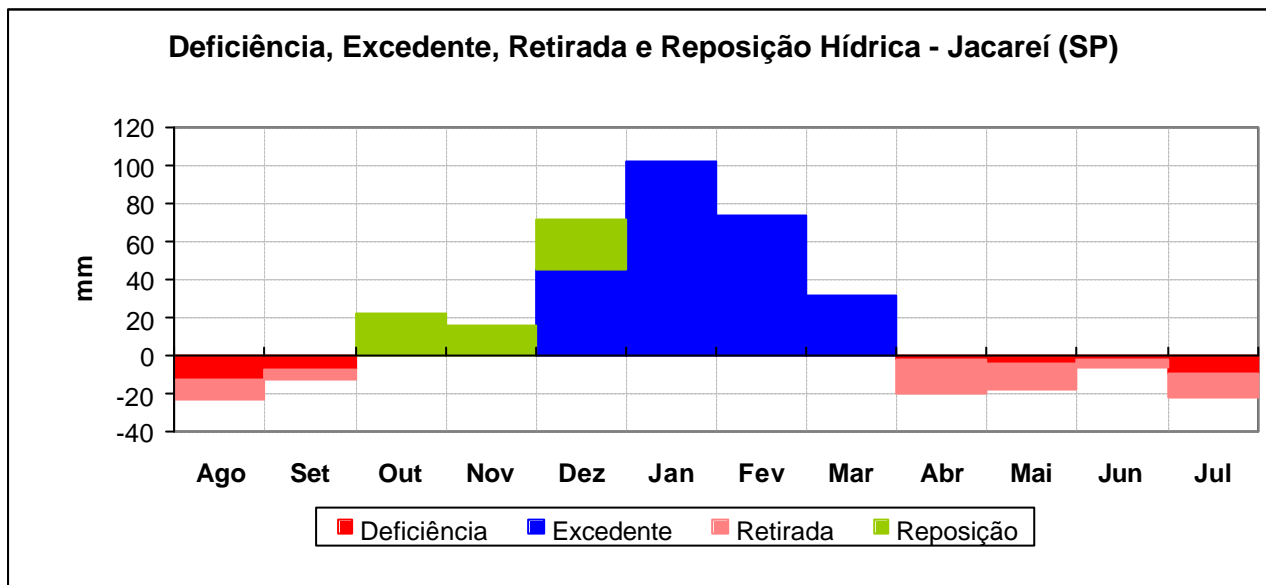


Figura 5

Deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Jacareí, SP.

(Monthly water deficit, water surplus, soil water with drawn and soil water recharge for the water year of Jacareí - SP)

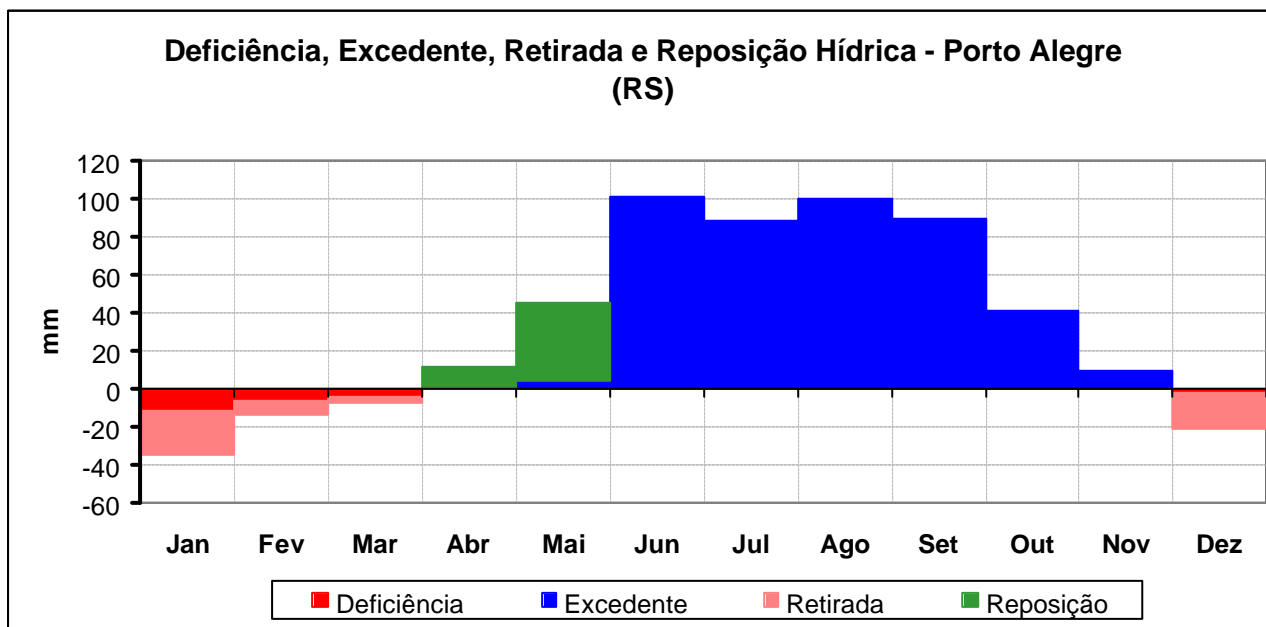


Figura 6

Deficiência, excedente, retirada e reposição para o ano hídrico de Porto Alegre, RS.

(Monthly water deficit, water surplus, soil water with drawn and soil water recharge for the water year of Porto Alegre - RS)

CONCLUSÃO

A análise do balanço hídrico de Thornthwaite, a partir de uma série histórica longa de dados, pode permitir uma primeira aproximação razoável do ano hídrico, em função do comportamento médio do armazenamento da água no solo. A confirmação desses resultados preliminares poderá ser feita com a análise das medições hidrométricas, ou seja, do balanço de massa das microbacias experimentais de monitoramento durante um período longo de anos suficientemente longo para permitir a validação estatística.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

CLAUDIA MOSTER é aluna de graduação do Curso de Engenharia Florestal da ESALQ/USP. E-mail: claudia@esalq.usp.br

WALTER DE PAULA LIMA é Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP – Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: wplima@esalq.usp.br

MARIA JOSÉ BRITO ZAKIA é Assessora do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) junto ao PROMAB - Programa de Monitoramento e Modelagem de Bacias Hidrográficas. E-mail: majzakia@esalq.usp.br

CARLA DANIELA CÂMARA é doutoranda do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC / USP. E-mail: cdcamara@esalq.usp.br

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Laboratório de Hidrologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova, Professor Associado do Departamento de Ciências Exatas, Setor de Física e Meteorologia da ESALQ/USP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CICCO, V.; EMMERICH, W.; FARIA, A.J.; MOTOHISA, F. Projeto de Pesquisas Hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha: determinação do balanço hídrico. **Documentos EMBRAPA. CNPF**, n.16, p.135-142, 1985.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996. 302p.
- AMORIM NETO, M.S.A. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955). **Comunicado técnico Embrapa**, n.34, p.1-18, 1989.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. **Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: Núcleo de Monitoramento Agroclimático, 2001. <http://ce.esalq.usp.br/dce/nurma.htm> (Agosto de 2001).
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in climatology**, v.8, n.1, p.1-86, 1955.
- WICHT, C.L. Determination of the effects of watershed management on mountain streams. **Transactions American Geophysical Union**, p.594-606, 1943.

Circular Técnica IPEF (ISSN 0100-3453) é publicada sem periodicidade regular pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) em convênio com o Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. *Circular Técnica IPEF* divulga conhecimentos técnicos e científicos referentes ao setor florestal. Os objetivos principais são transferência de tecnologia, disseminação de métodos, técnicas e informações importantes para o desenvolvimento das atividades florestais e para a atualização dos profissionais que atuam no setor.

Os manuscritos devem ser submetidos à Comissão Editorial em três cópias. Inicialmente, somente manuscritos impressos são necessários. Após a aceitação do trabalho, será solicitado o manuscrito em formato digital. Para maiores informações contate:

Circular Técnica IPEF
IPEF - ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970, Piracicaba, SP - Brasil
fone: 55-19-3436-8618
fax: 55-19-3436-8666
E-mail: mmpoggia@esalq.usp.br
<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica>

O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade de *Circular Técnica IPEF* e não representam necessariamente as opiniões do IPEF ou do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP.

Circular Técnica IPEF (ISSN 0100-3453) teve início em 1979.

Comissão Editorial / Editorial Board

Editora Executiva / Executive Editor

Marialice Metzker Poggiani

Editores Científicos / Scientific Editors

Antonio Natal Gonçalves – ESALQ/USP
Biotecnologia e Melhoramento Florestal/
Biotechnology and Tree Improvement

Fábio Poggiani – ESALQ/USP
Ecologia florestal e Gerenciamento Ambiental/
Forest Ecology and Environmental Management

Fernando Seixas e
José Luiz Stape – ESALQ/USP
Silvicultura e Manejo Florestal/
Silviculture and Forest Management

Sócios do IPEF

Sócios Titulares

Aracruz Celulose S.A.	- Espírito Santo e Bahia
Bahia Sul Celulose S/A	- Bahia
CAF Santa Bárbara Ltda	- Minas Gerais e Bahia
Cenibra - Celulose Nipo Brasileira S.A.	- Minas Gerais
Cia Suzano de Papel e Celulose S/A	- São Paulo e Maranhão
Desarrollo Forestal S.A. de C.V.	- México
Duratex S/A	- São Paulo, Rio Grande do Sul e Bahia
Eucatex S/A Indústria e Comércio	- São Paulo
Inpacel Agroflorestal Ltda.	- Paraná
Indústrias Klabin de Papel e Celulose	- Paraná, Bahia, Santa Catarina, Rio Grande do Sul
International Paper do Brasil	- São Paulo, Mato Grosso do Sul e Amapá
Jari Celulose S/A	- Pará
Lwarcel Celulose e Papel Ltda.	- São Paulo
Ripasa S.A. Celulose e Papel	- São Paulo
Votorantim Celulose e Papel S.A.	- São Paulo e Minas Gerais

Francides Gomes da Silva Júnior e
Geraldo Bortoletto Júnior – ESALQ/USP
Tecnologia de Produtos Florestais/
Forest Products Technology

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

Adolpho José Melfi - Reitor

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” (ESALQ/USP)

José Roberto Postali Parra - Diretor
Raul Machado Neto - Vice-Diretor

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF)

Antônio Joaquim de Oliveira - Presidente
José Maria de Arruda Mendes Filho - Vice-Presidente
José Otávio Brito (ESALQ/USP) - Diretor Executivo

Editoração e Diagramação

Luiz Erivelto de Oliveira Júnior - IPEF



INSTITUTO DE PESQUISAS
E ESTUDOS FLORESTAIS