



## II-152 – AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE USO DA ÁGUA DE CHUVA NO CAMPUS BARIGUI DA UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ

**Ana Paula Matias Schatzmann** <sup>(1)</sup>

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tuiuti do Paraná (UTP).

**Cristiane Kreutz** <sup>(2)</sup>

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Docente da Coordenação de Ambiental do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Eudes José Arantes** <sup>(3)</sup>

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Fernando Hermes Passig** <sup>(4)</sup>

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Karina Querne de Carvalho** <sup>(5)</sup>

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Pedro Eloy de Souza, 1975, Bairro Alto – Curitiba - Paraná - CEP: 82820-130 - Brasil - Tel: + 55 (41) 3524-4938 - e-mail: anapmatias@yahoo.com.br

### RESUMO

Apesar de ser detentor de cerca de 13,7% de toda a água doce superficial do mundo, o Brasil apresenta diversas regiões que estão atualmente sob stress hídrico devido a má distribuição desse recurso natural em sua extensão territorial, períodos de maior escassez hídrica ou modificações da qualidade da água pela poluição. Esforços têm sido feitos na busca de tecnologias de reciclagem e reutilização de água da chuva para usos não potáveis tais como, doméstico, industrial e agrícola. O objetivo principal desse trabalho foi verificar a possibilidade de utilização de água da chuva no *campus* Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP) na cidade de Curitiba, avaliando os melhores pontos de captação, caracterizando quantitativamente a água da chuva por índices pluviométricos e quantificando o volume de reservação da água captada. A estimativa da produção mensal de água da chuva pelo Método Racional resultou em  $706 \pm 116 \text{ m}^3/\text{mês}$  para área de cobertura dos blocos da UTP de  $6121 \text{ m}^2$  e precipitação média mensal de  $128 \pm 27 \text{ mm}$  em série histórica de 20 anos. Com volume médio das demandas não potáveis de  $3575 \text{ m}^3$ , o sistema de aproveitamento de água da chuva será capaz de atender aproximadamente 20% das demandas não potáveis da universidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água da Chuva, Reaproveitamento, Viabilidade, Uso não Potável.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é detentor de cerca de 13,7% de toda a água doce superficial, sendo que 70% desse recurso está concentrado na região amazônica. Desse modo, as regiões Norte e Centro-Oeste concentram a maior parte dos recursos hídricos do país, porém com densidade populacional relativamente pequena em comparação com as outras regiões. Por outro lado, as regiões Sudeste e Nordeste possuem a menor parcela de água e abastecem mais de 70% da população brasileira.

O Brasil possui diversas regiões que estão atualmente sob *stress* hídrico, apesar da disponibilidade bruta de recursos hídricos. Além da má distribuição desse recurso, a falta de água nesses casos pode ser de origem



quantitativa, decorrente de períodos de maior escassez hídrica, ou de origem qualitativa, resultante, por exemplo, de modificações da qualidade da água pela poluição (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Previsões indicam que a próxima guerra de proporções significativas acontecerá devido à água. O planeta Terra tem 70% da sua superfície coberta pela água, sendo que desse total apenas 2,5% correspondem a águas doces. Dessa porcentagem, aproximadamente 2% estão nas geleiras e 0,5% disponíveis nos corpos de água, tais como nos rios e lagos. Dessa fração, a maior parte, ou seja, 95% correspondem a águas doces subterrâneas, considerado a grande “caixa de água” da natureza (OLIVEIRA, 2002).

É importante destacar que o nível de atenção que se presta ao uso eficiente de água é diretamente proporcional ao preço cobrado por seu serviço. A tendência atual de impor taxas cada vez mais altas sobre o uso da água contribui para o consumo mais consciente desse recurso natural (COELHO, 2001).

Novas tecnologias têm sido utilizadas para tentar solucionar a problemática da água, principalmente àquelas que envolvem processos de reciclagem e reutilização com vistas à economia.

Apesar de haver informação a respeito da falta de cuidados com a água, ainda são cometidos desperdícios de água potável. No Brasil, é comum o uso de água potável para as atividades domésticas, sendo necessário ou não.

Dai a necessidade de estudo e desenvolvimento de diversos tipos de reutilização das águas, tais como: coleta da água de chuva para uso em descargas sanitárias, limpeza de automóveis, lavagens de calçadas e rega de jardins.

Dentro desse contexto, o objetivo principal desse trabalho foi avaliar a possibilidade de utilização de água da chuva no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná. As águas que abastecem o campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná (UTP), localizado na cidade de Curitiba, são fornecidas pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Com a implantação de um sistema de captação de água da chuva, a UTP será beneficiada tanto no que diz respeito à consciência ambiental quanto economicamente em um futuro próximo. Para o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas avaliação dos melhores pontos de captação, caracterização quantitativa da água da chuva por meio dos índices pluviométricos da região do campus Barigui e quantificação do volume de reservação da água de chuva captada no campus Barigui.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As atividades do campus Professor Sydnei Lima Santos (Barigui) da Universidade Tuiuti do Paraná foram iniciadas em 2004 com os cursos de Administração, Arquitetura e Urbanismo, Artes Visuais, Ciências Contábeis, Ciências Econômicas, Ciências da Computação, Comunicação Social, Design, Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia Eletrotécnica, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Geografia, História, Letras, Marketing, Matemática, Pedagogia, Relações Internacionais, Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Turismo, dentre outros.

A estrutura do campus Barigui é composta por quatro blocos principais (A, B, C e D) que estão divididos em salas de aula e laboratórios de Geoprocessamento, Informática e Conforto Ambiental. Os blocos A, B e D possuem 4 andares e o Bloco C possui 5 andares. Além disso, o campus possui mais três blocos, sendo biblioteca, laboratórios de Física e Química e laboratório de Mecânica. A Universidade ocupa área total de aproximadamente 29.000 m<sup>2</sup>.



**Figura 1. Imagem de satélite do campus Barigui da UTP e os respectivos telhados escolhidos como área de captação.**

Fonte: Google Earth (2009)

## ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A fórmula do Método Racional (Equação 1) foi aplicada na determinação da estimativa da produção de água da chuva a ser captada no campus Barigui.

Primeiramente, foi necessário calcular a área dos telhados dos blocos A, B, C e D que possuem melhor superfície para captação de águas pluviais no campus.

A quantificação de água da chuva foi feita com base nas médias mensais dos dados pluviométricos do período de 1987 a 2007 cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA).

A série histórica de dados pluviométricos corresponde à estação meteorológica 02549006 (código ANEEL) localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná em Curitiba. A estação meteorológica apresenta as coordenadas 25° 26' 47" de latitude e 49° 13' 51" de longitude.

$$V = A.P.C \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

V = volume de água da chuva a ser captado (m<sup>3</sup>);

A = área do telhado (m<sup>2</sup>);

P = precipitação anual na região (m/ano);

C = coeficiente de escoamento.

Foi adotado coeficiente de escoamento de 0,9 de acordo com Tomaz (2003), uma vez que as telhas dos blocos A, B, C e D são metálicas.



## ESTIMATIVA DAS DEMANDAS NÃO POTÁVEIS

De acordo com Gonçalves *et al.* (2006), a estimativa das demandas não potáveis contempla usos internos e externos a uma edificação, bem como o número de consumidores de água. A Equação 2 apresenta a fórmula para cálculo das demandas não potáveis.

$$Q_{NP} = Q_{INT} + Q_{EXT} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$Q_{NP}$  = somatório das demandas não potáveis (L/d);

$Q_{INT}$  = somatório das demandas internas (L/d);

$Q_{EXT}$  = somatório das demandas externas (L/d).

No presente trabalho, o uso de vasos sanitários nos blocos A, B, C e D foi considerado como demanda interna e as lavagens da área do estacionamento do campus, ou seja, área impermeabilizada, como demanda externa. A Equação 3 apresenta o cálculo das demandas internas.

$$Q_{INT} = Q_{VS} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

$Q_{INT}$  = somatório das demandas internas (L/d);

$Q_{VS} = N \times \text{volume de água do vaso sanitário} \times \text{número de descargas (L/d)}$ ;

$N$  = número de usuários.

A Equação 4 apresenta o cálculo das demandas externas.

$$Q_{EXT} = Q_{AI} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

$Q_{EXT}$  = somatório das demandas externas (L/d);

$Q_{AI}$  = área impermeável  $\times$  volume de água  $\times$  frequência de uso (L/d).

## DESCARTE DA ÁGUA DE LAVAGEM DO TELHADO

Vários estudos demonstraram a qualidade deteriorada da chuva inicial ou primeira chuva devido à lavagem da atmosfera e da superfície de captação, tais como telhados ou superfícies do solo. Essas superfícies podem conter fezes de aves e roedores, artrópodes, animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, restos de materiais de construção, dentre outros, que podem ocasionar contaminação por compostos químicos e agentes patogênicos (MAY, 2004; GONÇALVES *et al.*, 2006). Daí a necessidade de eliminar a primeira água da chuva.

A Equação 5 apresenta o cálculo do volume de água de lavagem dos telhados dos blocos A, B, C e D.

Foi adotado descarte de água de chuva na razão de 1 L/m<sup>2</sup> de telhado de acordo com Gonçalves *et al.* (2006) para área de cobertura de aproximadamente 6121 m<sup>2</sup>.

$$V_{DES} = A \cdot 1L/m^2 \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

$V_{DES}$  = volume de descarte da água de lavagem do telhado (L/d).

## CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA

O volume do reservatório de acumulação de água foi calculado de acordo com metodologia proposta por Gonçalves *et al.* (2006). A Equação 6 apresenta o cálculo do volume do reservatório de água.

$$V_{RES} = Q_{NP} \cdot DS \quad (\text{Equação 6})$$



Em que:

$V_{RES}$  = volume do reservatório (L);

$Q_{NP}$  = somatório das demandas não potáveis (L/d);

DS = maior número de dias sem chuva na região (d).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE COLETA

A avaliação do levantamento da superfície de coleta de água de chuva indicou que os telhados dos blocos A, B, C e D apresentaram maiores áreas de exposição ao ar livre e, portanto foram escolhidos como melhores pontos de captação.

A Tabela 1 apresenta os blocos e suas respectivas áreas de telhado.

**Tabela 1. Áreas dos telhados dos blocos A, B, C e D**

Ponto de coleta	Área do Telhado (m <sup>2</sup> )
bloco A	1482
bloco B	1480
bloco C	2353
bloco D	805
Total	6121

### ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

A caracterização quantitativa de água de chuva foi feita com base nos dados pluviométricos mensais do período de 1987 a 2007 cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA)

A Tabela 2 apresenta os dados pluviométricos mensais e anuais do período de 1987 a 2007 da estação meteorológica do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

**Tabela 2. Dados Pluviométricos Mensal e Anual da estação meteorológica do Centro Politécnico da UFPR no período de 1987 a 2007**

Mês	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Média
Jan	88	112	296	280	-	89	296	204	474	204	403	159	327	125	184	223	224	145	165	114	196	215
Fev	198	118	138	102	-	130	193	273	144	286	233	179	445	198	347	142	133	60	65	144	135	183
Mar	27	149	71	259	-	149	191	100	112	254	40	336	128	136	177	94	215	152	73	130	126	146
Abr	130	112	153	179	-	17	81	42	75	42	21	178	56	11	70	142	80	87	114	17	98	85
Mai	297	282	110	91	46	269	168	53	40	5	46	44	71	18	193	137	25	135	105	20	187	112
Jun	119	77	49	91	-	21	89	86	105	116	135	90	84	118	145	47	98	58	66	29	2	81
Jul	44	-	129	252	-	150	106	50	104	97	36	138	142	74	175	45	151	118	91	37	100	107
Ago	51	2	36	139	66	145	27	8	64	83	97	271	11	92	60	107	15	12	159	43	9	71
Set	85	76	145	78	48	63	357	165	158	184	165	359	114	249	64	190	161	53	195	116	86	148
Out	112	89	84	135	-	54	159	155	152	190	212	197	118	164	216	121	81	152	168	41	119	136
Nov	55	20	93	142	72	111	86	-	77	155	259	16	62	144	140	173	153	92	78	168	117	111
Dez	183	177	156	-	149	57	123	-	146	277	-	105	126	172	122	159	185	128	54	74	163	142
Média	116	110	122	159	76	105	156	114	138	158	150	173	140	125	158	131	127	99	111	78	111	128

Nota: - valor não determinado

Com os dados mensais e anuais de pluviometria da Tabela 2 foi possível fazer uma análise estatística simples para determinação dos índices de mínima, média e máxima pluviometria, bem como do desvio padrão, que são apresentados na Tabela 3.





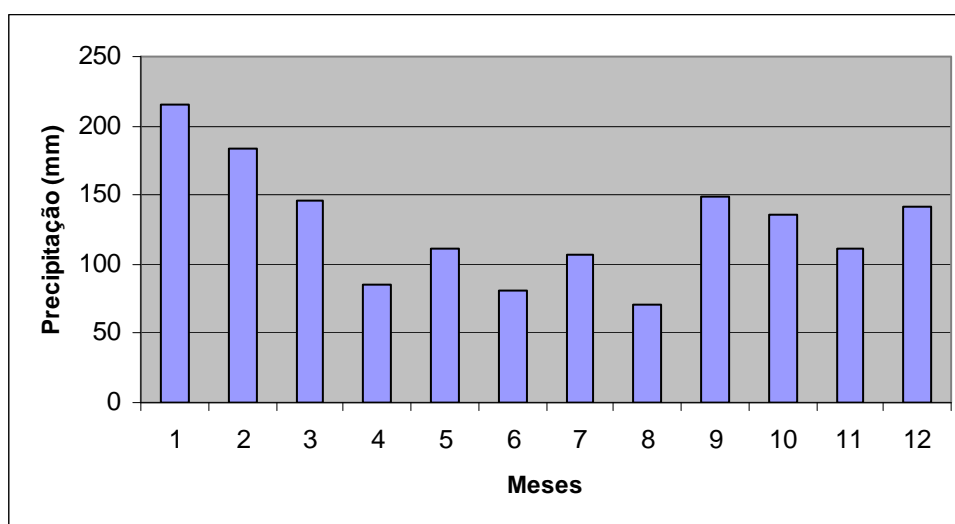
**Tabela 3. Índice Pluviométrico Mensal da estação meteorológica do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, valores mínimos, máximos, média e desvio padrão.**

Meses	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Janeiro	88	474	215	104
Fevereiro	60	445	183	95
Março	27	336	146	77
Abril	11	179	85	53
Maio	5	297	112	91
Junho	2	145	81	38
Julho	36	252	107	55
Agosto	2	271	71	66
Setembro	48	359	148	89
Outubro	41	216	136	50
Novembro	16	259	111	58
Dezembro	54	277	142	53

Na Tabela 3 pode-se observar o volume mensal mínimo, máximo e médio ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ) de água de chuva que pode ser coletado no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná.

Os dados da Tabela 3 indicaram que os meses com menor precipitação correspondem a junho e agosto, com médias mensais de  $81 \pm 38$  mm e  $71 \pm 66$  mm, respectivamente. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram as maiores precipitações pluviométricas com  $215 \pm 104$  mm e  $183 \pm 95$  mm, respectivamente. A média mensal da série histórica de 20 anos resultou em  $128 \pm 27$  mm.

Na Figura 2 pode-se observar o gráfico das médias mensais da precipitação na estação meteorológica do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná na cidade de Curitiba.



**Figura 2. Média mensal da precipitação da estação meteorológica da UFPR**

Para a quantificação da vazão que pode ser aproveitada, utilizou-se a média mensal da precipitação calculada com os dados da Tabela 3 de 128 mm de precipitação e aplicou-se o método racional utilizando 0,9 como coeficiente C. Esse valor foi adotado devido a algumas possíveis perdas decorrentes da evaporação no início da precipitação ou à deficiência de coleta da água. A área utilizada corresponde à área total dos telhados expressa na Tabela 1.



A Tabela 4 apresenta o cálculo dos volumes mensais mínimos, máximos e médios ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ) de água da chuva que pode ser coletado no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná.

**Tabela4. Volume de água de chuva ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ) que pode ser coletado**

Meses	Mínimo	Máximo	Média
Janeiro	485	2610	1186
Fevereiro	328	2453	1009
Março	149	1850	804
Abril	59	987	470
Maio	26	1635	614
Junho	11	797	447
Julho	198	1385	591
Agosto	11	1493	392
Setembro	262	1976	816
Outubro	227	1192	749
Novembro	86	1429	610
Dezembro	297	1527	782

Observando os dados da Tabela 4, pode-se concluir que o volume total de água de pode ser captado varia de  $11 \text{ m}^3$  no meses de junho e agosto a  $2610 \text{ m}^3$  no mês de janeiro. Assim, é possível obter aproximadamente  $706 \text{ m}^3/\text{mês}$  de água da chuva que pode ser utilizada para suprir as demandas não potáveis da Universidade Tuiuti, reduzindo consumo e custos de água potável e conseqüentemente contribuindo para preservação do meio ambiente.

### ESTIMATIVA DAS DEMANDAS NÃO POTÁVEIS

O volume médio mensal obtido com o cálculo das demandas internas não potáveis, ou seja, o consumo de água nos vasos sanitários, resultou em  $3564 \text{ m}^3$ , considerando 9000 alunos que utilizam aproximadamente 6 L de água por descarga e 2 descargas/d. Foram consideradas perdas de 10% por vazamentos. O volume médio mensal obtido com o cálculo das demandas externas não potáveis, ou seja, a lavagem da área impermeabilizada de  $5422 \text{ m}^2$ , resultou em  $11 \text{ m}^3$ , considerando uma lavagem por mês que consome aproximadamente 2 L de água por  $\text{m}^2$ .

Com volume médio total estimado de  $3575 \text{ m}^3$ , o sistema de aproveitamento de água da chuva será capaz de atender aproximadamente 20% das demandas não potáveis da universidade. Carvalho *et al.* (2008) obteve eficiência de atendimento da demanda de 36% com aproveitamento de água da chuva, considerando 4500 alunos e volume médio estimado de  $1793 \text{ m}^3$ , utilizando série histórica de dados pluviométricos do período de 1997 a 2006.

### DESCARTE DA ÁGUA DE LAVAGEM DO TELHADO

O volume médio mensal de água calculado para o descarte da água de lavagem do telhado resultou em  $184 \text{ m}^3$  para área de cobertura de aproximadamente  $6121 \text{ m}^2$ .

### CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA

Foi obtido volume do reservatório de acumulação de água de aproximadamente  $1192 \text{ m}^3$ , considerando 10 d como o maior número de dias sem chuva na região (DS).



## CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados foi possível concluir que as águas da chuva podem ser captadas no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná.

Os telhados metálicos dos blocos A, B, C e D são os melhores locais para a captação das águas pluviais.

Do ponto de vista da quantidade de água da chuva, verificou-se volume médio mensal aproximado de 706 m<sup>3</sup> que podem suprir aproximadamente 20% das demandas não potáveis dos vasos sanitários e da lavagem das áreas impermeabilizadas de 3575 m<sup>3</sup>/mês do campus Barigui, possibilitando redução significativa do uso da água potável.

Para os próximos estudos sugere-se que seja analisada a qualidade da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, K.Q., SCHATZMANN, A.P.M., PAVIANI, M., PASSIG, F.H. (2008). Avaliação da possibilidade de uso da água de chuva no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná. In: VI Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, Serra Negra-SP, 2008.
2. COELHO, A.C. (2001). Manual de Economia de Água. 1ª ed. Olinda: Comunigraf Editora.
3. GONÇALVES, R.F., PHILIPPI, L.S., VACCARI, K.P., PETERS, M.R. (2006). Aproveitamento da Água de Chuva. In: GONÇALVES, R.F., coord. Uso racional de água em edificações. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB 4. cap. 3, p. 73–152.
4. MACHADO, T.A. Sistema de Captação da Água de Chuva para o Uso Doméstico. 2003. Monografia apresentada ao curso de Tecnologia em Construção Civil ao Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraná, Campo Mourão, Paraná, 2003.
5. MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. São Paulo, 2004. 159 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção Civil-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.
6. OLIVEIRA, R. Aproveitamento de Águas Pluviais para Uso não Potável. Curitiba, 2002. Monografia do curso de MBA Sistema de Gestão Ambiental-Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2002.
7. TOMAZ, P. (2003). Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 1. ed. São Paulo: Navegar.
8. UNIVERSIDADE TUIUTI DO PARANÁ. disponível em: <http://www.utp.br>, Acesso em: 15/03/2008.