

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA**

**PROJETO PARA A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA
POTÁVEL EM RESIDÊNCIAS DE BELO HORIZONTE – A
PARTIR DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA
E REÚSO DE ÁGUAS CINZA**

Belo Horizonte

2010

JOSÉ GERALDO DE SOUZA

**PROJETO PARA A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL
EM RESIDÊNCIAS DE BELO HORIZONTE, A PARTIR
DO APROVEITEAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA
E REÚSO DE ÁGUAS CINZA**

Trabalho de Conclusão de Pós graduação
Lato Senso Especialista em construção civil,
como requisito à obtenção do título de
especialista em construção civil, da
Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte MG, 04/06/2010.

Prof. Dalmo Lúcio M. Figueiredo

**Belo Horizonte
2010**

JOSÉ GERALDO DE SOUZA

**PROJETO PARA A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL
EM RESIDÊNCIAS DE BELO HORIZONTE, A PARTIR
DO APROVEITEAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA
E RE ÚSO DE ÁGUAS CINZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós graduação, como requisito à obtenção do título de especialista em construção civil, da Escola de Engenharia da Universidade federal de Minas Gerais, na área de engenharia civil.

Belo Horizonte (MG), 05/10/2010.

Orientador: Prof. Dalmo Lúcio M. Figueiredo

À minha esposa e filho, fonte inesgotável de incentivo e apoio, que me ensinou, por meio de atitudes e do próprio exemplo, que o estudo e a persistência valem a pena e juntos fazem com que alcancemos o êxito desejado.

À minha mãe e meu pai (in minorian) e aos meus irmãos, o respeito e gratidão.

Em especial, a meu querido filho, que sempre aguardou pacientemente os poucos momentos que tivemos juntos, até a finalização desta jornada acadêmica, todo o meu carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que me deu forças e sabedoria para romper as barreiras e concluir esta etapa.

Ao meu orientador, Prof. Dalmo Lúcio M. Figueiredo, pelo apoio e atenção dispensados no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores, que atuaram ao longo minha especialização, obrigado pela transmissão do conhecimento.

Aos colegas do curso, pelas experiências compartilhadas e enriquecedoras.

Água,

Gota Divina

Água é gota benzida, é gota saída
do seio da terra, no meio da serra,
p'ra vida trazer.
água, qu'é gota divina, que rega a campina,
que molha a serra, fecunda a terra,
p'ra vida viver.

é gota tão pura, que faz a fartura
nas plantas, no chão.
é gota, é vigor, que abranda o calor
do sol de verão.

é água do céu, da nuvem em véu,
que vem p'ra formar
os rios e vazantes, os lagos brilhantes,
as ondas do mar.

oh água, se és gota divina,
que a todos fascina,
se és vida do ser.
por que? o homem maldoso,
voraz, ambicioso,
não pára p'ra ver,
que um dia, que logo virá
e tu partirás
sem nada dizer.

e o homem, voraz, sem clemência
na própria indolência
irá perecer.

oh água, que és gota divina,
acorda, ilumina,
os homens de bem!
lhes rega o chão da consciência,
desfaz a indolência,
a incúria, o desdém!
lhes abra, oh gota benzida,
os olhos p'ra vida,
que vai muito além!
faz qu'eles, qual guardas da vinha,
te salvem, gotinha;
se salvem, também!!!

J. P. Chacon- Sorocaba - SP

RESUMO

Este estudo visa apontar sistemas para redução do consumo de água potável em residências da região metropolitana de Belo Horizonte, a partir da instalação de um laboratório para análise da água da pia de cozinha, para possível reúso na irrigação de jardins, melhoria de um sistema de aproveitamento de águas de chuva e pesquisa bibliográfica sobre equipamentos economizadores de água utilizados em residência, por intermédio de dados estatísticos de frequência do fabricante, para vazão dos aparelhos tais como: vasos sanitários e calhas.

Palavras-chave: reúso da água; economia; água de chuva; reaproveitamento.

ABSTRACT

This study aims to point systems to reduce consumption of potable water to residences in the metropolitan region of Belo Horizonte, starting the installation of laboratories for analysis of water from the kitchen sink, for possible reuse in irrigation of gardens, improving a system, a system recovery of rainwater and bibliographic research on water-saving equipment used in residence, for intermediate data frequency statistics of the manufacturer, for flow of appliances such as toilets and gutters.

Key-words: Water reuse; economy; rainwater, reuse

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Países com menor disponibilidade de água por habitante/ano	23
Figura 2	Previsões de escassez mundial da água até 2025	32
Figura 3	Sistemas de reciclagem composto filtros mistos e plantas aquáticas	35
Figura 4	Reservatório anaeróbico	36
Figura 5	Aproveitamento de água de chuva com reservatório plástico	38
Figura 6	Membranas de poliamida de acetato de celulose para tratamento da água	40
Figura 7	Representação simplificada do ciclo hidrológico	46
Figura 8	Distribuição de água doce no território nacional	47
Figura 9	Distribuição do consumo domiciliar	49
Figura 10	Bacias sanitárias	56
Figura 11	Bacias sanitárias com dois dispositivos	56
Figura 12	Bacias sanitárias com dispositivos de interrupção	57
Figura 13	Chuveiros de vazão reduzida	58
Figura 14	Chuveiros de acionamento hidromecânicos	59
Figura 15	Comparação entre chuveiros comum e por acionamento hidromecânico	59
Figura 16	Chuveiro tipo ducha	60
Figura 17	Torneira com saída spray (chuveiro)	61
Figura 18	Torneira com arejadores simples	61
Figura 19	Torneira com combinação spray e arejador	62
Figura 20	Torneira com arejadores de fluxo constante	62
Figura 21	Torneira de pia com fechamento mecânico automático	63

Figura 22	Torneira de lavatório com fechamento eletrônico automático	63
Figura 23	Comparativo: torneira convencional <i>versus</i> torneira decalux	64
Figura 24	Arejador de fluxo constante	64
Figura 25	Registro regulador de vazão	65
Figura 26	Mictório com dispositivo fechamento mecânico e instalação	66
Figura 27	Mictório com dispositivo fechamento eletrônico	66
Figura 28	Detalhes da instalação do dispositivo de descarga automático eletrônico	67
Figura 29	Esquema de montagem válvula redutora de pressão no subsolo	68
Figura 30	Esquema de instalação da válvula redutora de pressão no meio do prédio	69
Figura 31	Esquema básico do sistema	70
Figura 32	Etapas do sistema e direcionamento do fluxo	71
Figura 33	Caixa de gordura e filtros instalados	72
Figura 34	Dimensionamento da caixa de gordura	73
Figura 35	Dimensionamento do reservatório	73
Figura 36	Dimensionamento do filtro	74
Figura 37	Filtro n°1 com areia média	75
Figura 38	Filtro n°2 com areia grossa	75
Figura 39	Cesto de tela galvanizada, com camada drenante de brita 01	76
Figura 40	Esquema alternativo, para redução de lançamento de resíduos na rede pública	77
Figura 41	Custos dos materiais e mão-de-obra empregados na instalação do sistema	78
Figura 42	Instalação da caixa de gordura	78

Figura 43	Caixa de gordura e filtro instalados	79
Figura 44	Lançamento da camada drenante de brita 02, no filtro	79
Figura 45	Colocação da manta geotêxtil entre a camada drenante e próxima camada de areia	80
Figura 46	Cobertura da camada de areia para apoiar o cesto de tela com brita	80
Figura 47	Filtro montado e em funcionamento com a última camada envolvida pelo cesto de tela galvanizado	81
Figura 48	Instalação do reservatório	81
Figura 49	Característica do cesto e material drenante (brita 01), um mês após a desmontagem do sistema	82
Figura 50	Característica da tela do cesto após a retirada do material drenante	82
Figura 51	Meus amigos ajudando na instalação do sistema	83
Figura 52	Meus amigos ajudando na instalação do sistema	83
Figura 53	Registro bruto de 1 ½, para troca do fluxo de água	85
Figura 54	Reservatório existente de 1000 litros	85
Figura 55	Planta de cobertura da residência	87
Figura 56	Telhado analisado	88
Figura 57	Área do telhado	88
Figura 58	Área da calha	91
Figura 59	Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva	93
Figura 60	Instalação do reservatório	97
Figura 61	Detalhe do separador de folha	98

Figura 62	Detalhe do filtro de partícula	98
Figura 63	Detalhe do clorador de pastilhas	98
Figura 64	Instalação do reservatório 2	98
Figura 65	Detalhe da bacia sanitária com dispositivo de acionamento duplo	99
Figura 66	Detalhe reservatório de 6000 litros	100
Figura 67	Detalhe do equipamento usado com freio d água	100
Figura 68	Detalhe da bomba elétrica	101
Figura 69	Detalhe do eletro nível	102
Figura 70	Croquis do sistema de aproveitamento de água de chuva	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Classificação e reúsos previstos	33
Quadro 2	Característica da residência em estudo	86
Quadro 3	Variação da precipitação pluviométrica em Belo Horizonte: 2000/2006	86
Quadro 4	Chuvas intensas em Belo Horizonte	90
Quadro 5	Dimensionamento dos condutores verticais	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição de consumo de residência estudadas 1	49
Tabela 2	Classificação por setor do domicílio	50
Tabela 3	Indicação da empresa norte americana para distribuição dos consumos	51
Tabela 4	Coeficiente de rugosidade	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Distribuição de consumo de residências estudadas	49
Gráfico 2	Classificação por setor do domicílio	50
Gráfico	Indicação da empresa norte americana para distribuição dos consumos	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Tema e delimitação do problema	15
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Geral	16
1.3.2	Específico	17
1.4	Metodologia	17
1.4.1	Tipo de pesquisa	17
1.4.2	Universo e amostra	18
1.4.3	Seleção dos sujeitos	19
1.4.4	Coleta de dados	19
1.4.5	Tratamento dos dados	19
1.4.6	Cronograma	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Breve teórico sobre a água no mundo	22
2.2	Reúso da água	25
2.2.1	Conceito	25
2.2.1	Reciclagem e reúso da água	26
2.2.2	A escassez e reúso da água	30
2.2.3	Reúso das águas cinza	31
2.2.3.1	Águas servidas	33
2.2.3.1.2	Águas cinza e negras	35
2.4	A reutilização da água: água da chuva	36
2.4.1	Aproveitamento da água de chuva	37

2.4.2	O tratamento da água	38
2.5	A legislação de reúso da água	40
2.6	Avaliação de risco em reúso da água	42
2.7	A economia gerada pelo reúso da água	43
2.7.1	Dimensões econômicas do uso eficiência da água	44
2.7.2	Entendendo o consumo de uma residência	47
2.7.2.1	Medidas para a redução do consumo de água	50
2.8	Dispositivos economizadores de água	52
2.8.1	Bacias sanitárias de baixo consumo	53
2.8.2	Chuveiros de vazão reduzida	55
2.8.3	Chuveiros de acionamento hidromecânico	56
2.8.4	Chuveiro tipo ducha	57
2.8.5	Torneiras de baixo consumo	58
2.8.6	Arejadores	62
2.8.7	Registro regulador de vazão	62
2.8.8	Mictórios com dispositivo fechamento mecânico e elétrico	63
2.8.9	Válvulas automáticas para redução de pressão	65
3	CRIAÇÃO DO LABORATÓRIO ARTESANAL	68
3.1	Planilha de custo dos materiais utilizados na construção do laboratório	76
3.2	Relatório fotográfico	77
4	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA	82
4.1	Projeto para melhoria do caso: aproveitamento da água de chuva	84
4.1.1	Característica da residência	84
4.1.2	Dados pluviométricos	84

4.1.3	Áreas de contribuição	85
5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA DE AGUA DE CHUVA	87
5.1	Fatores meteorológicos	87
5.1.1	Duração da precipitação	87
5.1.2	Intensidade de precipitação	87
5.2	Dimensionamento de vazão de projeto	88
5.3	Dimensionamento da vazão da calha	88
5.4	Dimensionamento dos condutores verticais	91
6	SISTEMAS DE ACUMULAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	92
6.1	Sistema de filtragem da água de chuva	92
6.2	Sistema para captação de água de chuva	95
6.2.1	Dimensionamento do reservatório	96
6.2.2	Freio d' água	98
6.2.3	Bombeamento	98
6.2.4	Eletronível	100
6.3	Croquis do sistema de captação e armazenamento de água de chuva	101
7	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	101
7.1	Laboratório artesanal para reúso	101
7.2	Sistema de captação de água de chuva	101
7.3	Dispositivos economizadores de água	102
7	CONCLUSÃO	104

REFERÊNCIA

106

GLOSSÁRIO

110