



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
VANESSA HELENA DE ANDRADE



**SIMULAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA
PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA - RONDÔNIA**

Ji-Paraná

2013

VANESSA HELENA DE ANDRADE

**SIMULAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA
PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA - RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Ana Lúcia Denardin da Rosa

Ji-Paraná

2013

A553s
2013 Andrade, Vanessa Helena de
Simulação de eficiência em aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na região amazônica - Rondônia / Vanessa Helena de Andrade; orientadora, Ana Lúcia Denardin da Rosa. -- Ji-Paraná, 2013
65 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. – Universidade Federal de Rondônia, 2013
Inclui referências

1. Água da chuva – Aproveitamento - Rondônia.
2. Desenvolvimento sustentável. 3. Água não potável. I. Rosa, Ana Lúcia Denardin da. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 628.1.034 (811.1)

Bibliotecária: Marlene da Silva Modesto Deguchi CRB 11/ 601



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



TÍTULO: SIMULAÇÃO DE EFICIÊNCIA EM APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA REGIÃO AMAZÔNICA - RONDÔNIA

AUTOR: VANESSA HELENA DE ANDRADE

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 10 de Setembro de 2013.

Robson Alves de Oliveira

Robson Alves de Oliveira
Universidade Federal de Rondônia

Roziane Sobreira dos Santos

Roziane Sobreira dos Santos
Universidade Federal de Rondônia

Ana Lúcia Denardin da Rosa

Ana Lúcia Denardin da Rosa
Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 24 de Setembro de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, minha família, a meus amigos e à sociedade que me permitiram chegar aonde cheguei.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a DEUS por toda a sua bondade, misericórdia e justiça na minha vida. O qual me providenciou todo sustento e todas as demais coisas pelas quais agradeço. A Ele atribuo todo prestígio e honra.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, ao Programa Institucional de Bolsas e Trabalho Voluntário de Iniciação Científica - PIBIC e a Universidade Federal de Rondônia - UNIR pela oportunidade de estudo, pelo apoio à pesquisa e o incentivo financeiro concedido por meio de bolsa.

Ao Núcleo de Estudos de Agroecologia - NEA do Instituto Federal de Rondônia, ao Laboratório de Limnologia - LABLIM da Unir campus Ji-Paraná, e ao Departamento de Engenharia Ambiental - DEA pelo incentivo e colaboração, tanto nas atividades relacionadas ao tema da pesquisa, quanto na contribuição para formação pessoal e acadêmica.

Em especial a minha orientadora Ana Lúcia Denardin da Rosa que com suas contribuições tornou possível a execução desse trabalho. Contribuições essas que excederam a academia. Pude aprender lições para vida pessoal e profissional. Obrigada por me escolher e como todo orientando diria, obrigada por me suportar durante esse tempo de trabalho, aprecio sua amizade.

Ao professor Robson Alves de Oliveira e à professora Roziane Sobreira dos Santos pela prestatividade em participar da minha formação acadêmica como membros de banca de defesa.

Às professoras Elisabete Lourdes do Nascimento e Renata Gonçalves Aguiar por toda contribuição para formação acadêmica, mas acima de tudo pela amizade sincera e por ser modelo de profissionais íntegras.

Aos amigos e companheiros de lida
Angela Carla Guidelli
Bruno Iglesias Dinato
Eloiza Ruschel Cremonese
Jessica da Silva Linhares
Fábio Henrique Frederico
Laline Garcia Gomes

Vocês tornaram meus dias mais legais e apreciáveis dentro da universidade. Nunca me esquecerei de vocês, obrigada por tudo! Em especial destaco a Eloiza, por favor, não fiquem com ciúmes, mas é que sem ela talvez eu nem me formasse agora... Elô, você que leu meus trabalhos, ouviu meus lamentos e sempre me foi a agenda mais eficiente de todas, hehe. Mais que uma agenda você é uma amiga muito especial, todos são!
Amo vocês.

Por fim, com chave de ouro agradeço de todo coração a minha família.

Edson Sena de Andrade (pai)

Glória Santos de Andrade (mãe)

Edson Sena de Andrade Júnior (irmão mais velho)

Vinícius Sena de Andrade (irmão caçula)

Por todo apoio, dedicação, amor, paciência... Vocês são a minha melhor inspiração.

Amo vocês!

RESUMO

A indiscutível importância da água para os diversos ecossistemas direciona questionamentos e ações que considerem a sustentabilidade no seu uso. Diante disso, o aproveitamento de águas pluviais se torna uma forma de gerenciamento desse recurso. As águas pluviais podem ser utilizadas nas descargas de banheiros, rega de jardins, dentre outros usos, diminuindo problemas de inundações e alagamentos causados pela impermeabilização dos solos, contribuindo para redução do consumo de água tratada, além da preservação dos recursos hídricos. Observando os diversos usos que não necessitam de tratamento específico, o fato de a água potável estar em escassez em diversas partes do mundo, como também a necessidade de gerenciamento desse recurso, o aproveitamento de água da chuva se torna uma forma de sustentabilidade. Então, frente à necessidade de gestão dos recursos hídricos, assim como a acuidade exigida no dimensionamento de reservatórios, o objetivo deste trabalho foi simular a eficiência do aproveitamento de águas pluviais na região amazônica, no estado de Rondônia, para fins não potáveis. A eficiência foi obtida por meio do método da simulação, utilizando a base de dados da Agência Nacional de Águas de 40 estações pluviométricas, sendo simulado o comportamento da eficiência para demanda residencial de descarga sanitária e demanda de lava a jatos. Para demanda residencial os reservatórios variaram de 1.000 a 10.000 litros e áreas de captação que variaram de 50 a 100 metros quadrados, considerando a demanda de 360 litros diários, correspondendo ao consumo residencial de cinco pessoas em água para descarga sanitária. Para lava a jatos foi considerada a demanda de 3200L.dia^{-1} , a área de telhado variando de 100 a 600 m^2 e o volume de reservatório simulado de 5.000 a 50.000 litros. Observou-se que a curva de eficiência demonstrou um crescimento logarítmico em função do aumento da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Em que o cálculo da eficiência é especialmente importante pelo fato de que um reservatório muito grande não necessariamente será sinônimo de aumento compensador no atendimento à demanda.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Armazenamento, Precipitação.

ABSTRACT

The unquestionable importance of water to the various ecosystems directs questions and actions that consider the sustainability in their use. Given that the use of rainwater becomes a way of managing this resource. The rainwater can be used in toilets discharges, watering gardens, among other uses, reducing flooding problems caused by soil sealing, contributing to reducing the consumption of treated water, and the preservation of water resources. Then, observing the uses that not require specific treatment, the scarceness of the water in many places of the world, as the need of management of this resource, the rainwater harvesting becomes a sustainability way of use. So, faced with the necessity of water resources management, but also the accuracy required in the design of reservoirs, the objective of this study was to simulate the efficiency of rainwater harvesting in the amazon region, Rondônia, for non-potable purposes. The efficiency was achieved by the method of simulation, and the data acquired through the database of the Agência Nacional de Águas of 40 precipitation stations. Then it was simulated the efficiency behavior of demand for water to residencial's toilet discharges and car washes. To the residencial, reservoirs varied from 1.000 to 10.000 liters and the catchment area varied from 50 to 100m², the demand was considered 360 L.day⁻¹, corresponding to 5 people demand for water with toilet discharge at home. For car washes was considered 3200L.day⁻¹, the catchment area varied from 100 to 600m² and the reservoir volume simulated varied from 5.000 to 50.000L. It was observed that efficiency curve showed a logarithmic increase in efficiency with increasing of the catchment area and the storage volume of the reservoir. The calculation of efficiency is especially important for the fact that a very large reservoir is not necessarily synonym of compensatory increase in service demand.

Keywords: Sustainability, Harvesting, Precipitation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 REFERENCIAL	11
1.1 LEGISLAÇÃO RELACIONADA	11
1.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO	12
1.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA.....	14
1.4 REQUISITOS PARA DIMENSIONAMENTO.....	15
1.5 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DA NORMA BRASILEIRA	17
1.5.1 Método de Rippl.....	18
1.5.2 Método da Simulação	18
1.5.3 Método Azevedo Netto.....	18
1.5.4 Método Prático Alemão	18
1.5.5 Método Prático Inglês.....	19
1.5.6 Método Prático Australiano.....	19
1.6 MÉTODOS DIVERSOS	20
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS	40
APÊNDICE A	44
APÊNDICE B.....	65

INTRODUÇÃO

A indiscutível importância da água para os diversos ecossistemas direciona questionamentos e ações que considerem a sustentabilidade no seu uso, em que se destaca principalmente a dependência humana a esse bem. Os principais fatores que limitam o uso da água são sua distribuição na Terra, disponibilidade quantitativa e a qualidade requerida para os diversos interesses.

Diante disso, há de se ponderar técnicas de uso que prevejam seu aproveitamento de forma eficiente, não só minimizando os custos econômicos de seu consumo mas também garantindo seu acesso em condições adequadas a todos. Sendo indispensável a consideração das características inerentes à água nas diversas regiões brasileiras.

A região amazônica, conforme Bhertha (2004), não sofre diretamente com a escassez de água, pelo contrário, a região é a mais beneficiada com a disponibilidade de recursos hídricos. No entanto, a deficiência de infraestrutura social traz consigo a inacessibilidade e uso inadequado do recurso. Ainda há a dificuldade enfrentada pela carência de serviço de saneamento básico. Denota-se assim, um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis.

Dessa maneira, observando os diversos usos que não necessitam de tratamento específico, o fato de a água potável estar em escassez em diversas partes do mundo, como também a necessidade de gerenciamento desse recurso, o aproveitamento de água da chuva se torna uma forma de sustentabilidade. No âmbito federal a Normativa nº 1 de Janeiro de 2010 estabelece critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de serviços e obras dentre os quais está o aproveitamento de águas pluviais que prevê elementos que possibilitem a sua captação, transporte, armazenamento e aproveitamento (MPOG, 2010).

Ademais, cita-se o exemplo de municípios como Ponta Grossa no Paraná que através da lei municipal 8718/2006 estabelece que todas as novas edificações tenham sistema de captação, armazenamento, conservação e uso de água pluvial. E outros municípios brasileiros que também instituíram leis de incentivo e/ou obrigação do aproveitamento de águas pluviais, como Guarulhos - SP, Londrina - PR, Porto Alegre - RS, Curitiba - PR, (BISBERTO e RESENDE, 2011).

Para Tomaz (2011), as águas pluviais podem ser utilizadas nas descargas de banheiros, rega de jardins, lavagem de calçadas, lavagens de automóveis dentre outros usos menos nobres. Assim, diminuem-se os problemas de inundações e alagamentos causados pela impermeabilização dos solos, contribui-se para redução do consumo de água tratada, além da preservação dos recursos hídricos.

Em face da necessidade e importância da gestão dos recursos hídricos o objetivo deste trabalho foi simular a eficiência de aproveitamento de água da chuva proveniente de coberturas para fins não potáveis na região amazônica em Rondônia, de modo que facilitasse o dimensionamento de reservatórios para captação de águas pluviais escoados por telhados.

1 REFERENCIAL

1.1 LEGISLAÇÃO RELACIONADA

O aproveitamento de água da chuva tem sido incentivado e se tornando obrigatório em diversos municípios brasileiros, na maioria dos casos, na consolidação de Programas de Conservação e Uso Racional da Água. A justificativa apontada tem sido a preocupação com o meio ambiente, de forma a estimular práticas que contribuam com o desenvolvimento sustentável. A consolidação e aprimoramento das leis têm encontrado diversos obstáculos, mas a tendência é que as ações se direcionem rumo à sustentabilidade.

O Estado do Rio de Janeiro através da lei estadual nº 4393, de 16 de setembro de 2004 dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil de incluir nos imóveis residenciais e comerciais dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Segundo a legislação, para empreendimentos residenciais que abriguem mais de cinquenta famílias ou empreendimentos comerciais com mais que 50 m² de área construída devem-se planejar sistemas de captação das águas pluvias (RIO DE JANEIRO, 2004).

O município de São Paulo através da Lei N.º 13.276, de 4 de Janeiro de 2002 tornou obrigatória a implementação de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Porém a recomendação preferencial da lei era de que a água infiltrasse no solo podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva, tendo como opção muito vaga e subjetiva o aproveitamento dessa água (SÃO PAULO, 2002).

Apesar da Lei N.º 13.276, de 4 de Janeiro de 2002 ter sido incompleta, contribuiu para que fosse aperfeiçoada a questão no Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações, com uma preocupação mais ligada ao aproveitamento da água. O programa foi criado pela Lei N.º 14.018, de 28 de Junho de 2005 e aponta a captação, armazenamento e utilização de água proveniente da chuva como uma das soluções técnicas a serem aplicadas nos projetos de novas edificações (SÃO PAULO, 2005).

Quanto ao estado de Rondônia, em 2009 o ex-deputado Valter Araújo tramitou um projeto de lei que tornaria obrigatória a instalação de sistema de captação e uso de água de chuva em prédios públicos novos (RONDÔNIA, 2009). No entanto, não se encontrou na pesquisa sua aprovação.

Diante da quantidade de municípios e alguns estados que instituíram como obrigação a implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva, destaca-se a importância do estudo dos sistemas de captação a serem implantados de forma a atender a necessidade de cada região.

1.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO

Considerando o aproveitamento de água da chuva, é necessário o planejamento do sistema de captação dessas águas. Esta etapa inclui além da escolha de um reservatório, a seleção de outros componentes que permitirão o bom funcionamento do sistema. É o exemplo das calhas, dos condutos, filtros, e dispositivos de auto limpeza.

As calhas e condutores fazem parte do sistema de captação de água da chuva, pois são responsáveis por direcionar a água ao recipiente de armazenamento. Geralmente é previsto nas construções de edificações e residências a instalação de calhas e condutores, nesse sentido a NBR 10844 (1989), “Instalações prediais de águas pluviais”, normatiza essas instalações.

Essa norma fornece orientações e exigências para garantirem o bom funcionamento das calhas independente de haver ou não um sistema de armazenamento de água da chuva de forma a recolher e dirigir a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais; não ter vazamentos; comportar a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação; resistir aos esforços provocados pelas variações de temperatura a que estão sujeitas; se passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques; nas partes expostas, utilizar materiais resistentes às intempéries; nos materiais em contato com outros elementos de construção, utilizar materiais compatíveis; não provocar ruídos exagerados; resistir às pressões a que podem estar passíveis; ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade (NBR 10844, 1989).

Dessa forma, as calhas e condutores já preconizados na norma, apenas receberão os ajustes de direcionamento do fluxo para o local de armazenamento. Além do acréscimo de dispositivos de limpeza da água, como filtros ou decantadores, ou até mesmos dispositivos automatizados (TOMAZ, 2011).

Em relação aos reservatórios os autores Rupp, Munarin e Ghisi (2011), dizem que o seu dimensionamento é uma das etapas mais importantes e críticas. Pois além de ser o fator de importante papel no impedimento de casos em que o reservatório é insuficiente para atender a demanda, também é o item mais caro do sistema. Dessa forma, o correto dimensionamento do reservatório evitará gastos tanto com subdimensionamento, quanto com superdimensionamento. Além de requerer dimensões e característica compatível com o propósito do armazenamento, sendo o reservatório resistente às intempéries, resistente às pressões a que for submetido, deve ser de material inerte, dentre outras características.

Os reservatórios podem ser de concreto armado, plásticos, alvenaria de bloco armada, fibra de vidro, aço inox, etc. Os mais comuns para armazenamento de água potável advinda de companhia de distribuição de água são os reservatórios feitos de polietileno. Diante da variedade de materiais de que podem ser feitos os reservatórios, a utilização de cada um deles vai depender da conformação do reservatório no sistema de captação.

Conforme Kinkade-Levario (2007) é essencial que o reservatório seja bem fechado para evitar a evaporação, evitar a contaminação por vetores de doenças, impedir a entrada de insetos, pássaros, lagartixas, sapos e roedores no tanque de armazenamento. Outra medida importante é não permitir a entrada de luz solar para evitar a proliferação de algas no reservatório.

Dentre os componentes do sistema de captação de água da chuva, destaca-se ainda, a existência de diversos dispositivos que são utilizados em reservatórios. Sendo que a escolha deles dependerá das particularidades do local onde quer se implantar a captação e armazenamento de águas pluviais. Além da disponibilidade financeira de implantação dos itens (TOMAZ, 2011).

Dentre diversos dispositivos cita-se o filtro volumétrico que se trata de peneiras que fazem uma autolimpeza automática, mas possuem perdas que variam de 20 a 55%; extensão telescópica que permite se colocar o filtro diretamente no solo por cima de reservatórios enterrados; cesta de coleta de sujeira para filtro; haste para coleta de sujeira com filtro; boia para sucção de água, destacando que a retirada de água do reservatório não deve ser feita no fundo do reservatório, sendo assim, usa-se uma boia de plástico fixada a um tubo de ¾” com filtro de entrada para sucção (TOMAZ, 2011).

Ainda sobre os diversos dispositivos, há também extravasor que permite a saída de água em caso do reservatório ficar cheio; peça direcionadora de fluxo que serve para dirigir o fluxo de água e evitar que os sedimentos depositados no fundo do reservatório sejam

removidos com a entrada de água da chuva; peneiras; bomba centrífuga, já que a água da chuva cai nos telhados é conduzida por calhas e condutores a um pré-tratamento, posteriormente sendo direcionada para o reservatório de armazenamento que pode estar enterrado, semienterrado, apoiado ao chão ou elevado, podendo ser necessário em cada um dos casos a força de uma bomba para distribuição da água armazenada (TOMAZ, 2011).

No sistema de captação das águas pluviais, além do reservatório e seus acessórios, se devem prever dispositivos de autolimpeza, sendo que existem no mercado diversos modelos que podem ou não ser automáticos. É importante destacar que autolimpeza é diferente de pré-tratamento. A autolimpeza se refere aos sólidos grosseiros, como pedriscos, folhas, insetos entre outros que devem ser retidos antes de entrarem no sistema de armazenamento. Já o pré-tratamento é o que vai garantir que a água esteja dentro dos padrões de qualidade para uso não potável ou potável da água armazenada.

De acordo com Krishna (2005) o telhado pode ser um acumulador natural para poeira, folhas, flores, galhos, corpos de insetos, fezes de animais, pesticidas e outros resíduos transportados pelo ar. Dessa maneira, o sistema *first-flush* desvia a primeira parte da chuva do sistema de armazenamento. Existem diversos modelos de dispositivos *first-flush* com o objetivo principal de descarte da parte mais poluída da chuva escoada por telhados podendo incluir peneiras ou até mesmo possuírem sensor de chuva e válvula de controle automatizado.

A norma NBR 15527 (2007) “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos” indica o descarte dos primeiros 2mm de chuva em regiões com ausência de estudos. Destaca-se assim, a importância da qualidade da água para saúde ambiental até mesmo nos casos em que não há consumo humano direto.

1.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

A qualidade da água dependerá do uso destinado. Dessa forma, a NBR 15527 (2007) estabelece o padrão mínimo de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Quanto aos parâmetros os coliformes totais e fecais devem ser ausentes em amostras de 100mL em análises semestrais; já em caso de desinfecção com cloração o cloro residual deve estar entre 0,5 a 0,3 mgL⁻¹ em análises mensais; na análise mensal de turbidez as amostras devem ser menores que 2uT (unidade de turbidez) para usos menos restritivos ou menores que 5uT; quanto a cor aparente deve ser menor que 15uH (unidade Hazen) nas análises mensais; e por último o pH deve estar entre 6 e 8 em análise mensal (NBR 15527, 2007).

O sistema de *firs-flush* pode melhorar a qualidade da água da chuva captada em telhados no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos chegando à qualidade suficiente para o consumo humano direto, no entanto considerando os parâmetros biológicos, mesmo com esse sistema a água foi considerada imprópria para consumo humano de acordo com Gikas e Tsihrintzis (2012) requerendo tratamento posterior.

Segundo Lee et al (2009), a condição da superfície da área de captação de água da chuva depende principalmente das estações do ano, o número de dias secos precedidos, atividade humana e animal, a proximidade de várias fontes poluidoras e a posição geográfica. Também mostrou que práticas de higiene melhora a qualidade da água captada. Corroborando com a afirmação de Gikas e Tsihrintzis (2012), aponta que o sistema de *first-flush*, como também filtros e desviadores mantém o sistema seguro e limpo. Lee et al (2009) também recomendam que fatores locais devem ser considerados e que o sistema deve estar compatível com as condições climáticas locais.

Dessa forma, um planejamento e dimensionamento eficiente de um sistema de aproveitamento de águas das chuvas devem levar em consideração as normativas, como também a realidade regional no quesito qualidade das águas, bem como prever dispositivos de descartes dos primeiros milímetros.

1.4 REQUISITOS PARA DIMENSIONAMENTO

Conforme Hagemann (2009), as informações necessárias para dimensionamento de reservatórios para captação da água de chuva, independente dos diversos modelos disponíveis, são praticamente as mesmas, as quais são séries históricas de chuva, demanda a ser atendida, área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência requerida para o sistema como dados de entrada.

A série histórica de chuva, conforme Tomaz (2011) deve ser de no mínimo 10 anos para que tenham representatividade no dimensionamento de reservatórios, no entanto essa quantidade dependerá da exigência de precisão de cada método, sendo possível utilizar séries de média mensal ou valores diários de precipitação, o que também dependerá do objetivo de interesse.

Também é possível fazer simulações através de séries históricas sintéticas obtidas por meio de séries históricas medidas, quando há carência na disponibilidade de dados em algumas regiões. Dessa forma, obtêm-se várias séries sintéticas para diferentes probabilidades de atendimento a demanda (TOMAZ, 2011).

Em relação à demanda de água existem vários fatores que influenciarão a sua quantidade. O alto poder aquisitivo permite à população maior consumo de água influenciando na demanda, bem como as condições climáticas que também influenciam no comportamento da população em relação ao consumo de água.

O consumo de água per capita conforme estudo apresentado por Von Sperling (2005), varia de 120 a 200L.hab⁻¹.d⁻¹ dependendo da disponibilidade pluviométrica da região e do rendimento financeiro familiar, denotando que a disponibilidade financeira e regiões de clima mais quentes implicam em maior consumo per capita de água. De acordo com Tomaz (2011), a estimativa de demanda residencial de água potável para uso externo pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de engenharia, estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo Adaptado de (TOMAZ, 2011).

Uso externo	Unidades	Valores
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim ½”x20m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação de piscinas	Litros/dia/m ²	5,75
Tamanho da casa	m ²	30 a 450

As características quanto à natureza do uso, que pode ser dividida em doméstica, pública, comercial e industrial também influenciam no perfil da demanda. Em que geralmente a demanda industrial será maior dentre todas.

Já em relação à área de captação, conforme Krishna (2005), a primeira e mais óbvia escolha como área de captação de água da chuva são os telhados. Vasudevan (2002) citado por Krishna (2005), diz que a característica do material do telhado, as condições climáticas e o ambiente que o cerca serão fatores que influenciarão na qualidade da água.

De modo geral os telhados de metal apresentam menores perdas no escoamento, mas deve-se ter precaução quanto à presença de cobre, pois pode causar descoloração em acessórios de porcelana. Já as telhas de argila ou concreto são porosas, texturas ineficientes

podem contribuir para uma perda de 10% da água a ser armazenada devido à ineficiência do escoamento e evaporação, dessa maneira, recomenda-se pintar ou aplicar selante no telhado (KRISHNA, 2005).

Assim, pode-se verificar que o volume de água precipitado não é o mesmo que pode ser aproveitado, visto que acontecerão perdas no sistema de aproveitamento, seja por evaporação ou perdas na autolimpeza. Dessa maneira, usa-se, para efeito de cálculo, um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente *runoff* que representa o quociente entre a água que escoou superficialmente pelo total da água precipitada. Geralmente usa-se a letra C para o coeficiente de *runoff*. Pode se observar alguns valores de coeficiente *runoff* para determinados tipo de telhados na tabela 2 (TOMAZ, 2011).

Tabela 2. Coeficiente de *runoff* médios (TOMAZ, 2011).

Material	Coeficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas e metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

A eficiência pode ser obtida em três etapas, definindo-se a falha, a confiança e multiplicando-se a confiança por 100. Para se definir a falha obtêm-se o quociente entre o número de dias que o reservatório não atendeu a demanda e o número total de dias. Conforme McMahon citado por Tomaz (2011) a confiança é a divisão do número de dias que o reservatório atendeu a demanda pelo total de dias, ou seja, o complemento do que é a falha. Ao se obter o valor da confiança, multiplica-se por 100, obtendo-se assim a eficiência.

1.5 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DA NORMA BRASILEIRA

A NBR 15527 (2007) que normatiza os requisitos para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, recomenda como métodos de formulação de reservatórios; o método de Rippl, da Simulação, Azevedo Netto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano. Dos quais os métodos de Rippl, Azevedo Netto,

prático alemão e o prático inglês retornam como valor final o volume de reservatório para aproveitamento de águas pluviais. Já os demais métodos resultam na eficiência do sistema a partir de um volume provável pré-definido.

1.5.1 Método de Rippl

De acordo com Tomaz (2011), é comum o uso do método de Rippl para dimensionar reservatórios em aproveitamento de água da chuva. Sendo importante, pois na maioria das vezes apresenta valores extremos de volume de reservatório tornando-se padrão de referência máxima. Considerando a demanda constante, existem duas maneiras de se utilizar o método de Rippl, sendo essas o método analítico e o método gráfico. Tornando possíveis análises tanto com séries históricas diárias, quanto com séries históricas mensais para obtenção do volume.

1.5.2 Método da Simulação

Já o método da simulação distingue-se do método de Rippl por se poder arbitrar um volume qualquer e posteriormente verificar, através de simulação, as perdas e falhas do fornecimento de água considerando-se o consumo. Dessa forma, em posse da série histórica mensal ou diária de precipitação, volume provável do reservatório, demanda e perdas do sistema pode-se obter a eficiência do reservatório, de maneira que é possível testar várias medidas de volume para obtenção da eficiência desejada (TOMAZ, 2011).

1.5.3 Método Azevedo Netto

O método Azevedo Netto, também conhecido como método prático brasileiro, está disposto na NBR 15527 (2007), o qual considera que o volume aproveitável de chuva a ser armazenado é 4,2% do produto da precipitação média anual dada em milímetros, pelo número de meses de pouca chuva ou seca, pela área de captação dada em metros. Esse método segundo Amorim e Pereira (2008), retorna valores de reservatórios superdimensionados, em comparação com outras metodologias, sendo adequado para dimensionamento de reservatórios em regiões carentes de disponibilidade hídrica.

1.5.4 Método Prático Alemão

Conforme a NBR 15527 (2007), o método prático alemão, considerado um método empírico, adota como volume de reservatório o valor mínimo de 6% da disponibilidade de

volume anual de precipitação aproveitável ou 6% do volume anual da demanda de consumo de água não potável. Bezerra et al (2010), explica que esse método fornece volumes conservadores. Uma razão que pode explicar esse fator é a característica de disponibilidade hídrica da Alemanha, que segundo Bisberto (2011), é distribuída e contínua ao longo do ano, permitindo que o sistema não tenha que suprir falhas em favor de estiagens.

1.5.5 Método Prático Inglês

Já o método prático inglês a NBR 15527 (2007), especifica que o volume de chuva a ser captado é 5% do produto entre a precipitação média anual e a área de coleta. Conforme Bezerra et al (2010), esse método fornece volumes relativamente elevados. Isso o torna ideal para o cálculo de reservatórios em regiões onde se deseja suprir a demanda pela maior parte do ano possível, da mesma forma que o método prático brasileiro, sendo adequado para regiões com pouca disponibilidade hídrica.

1.5.6 Método Prático Australiano

No método prático australiano calcula-se o volume do reservatório por meio de tentativas, até que se obtenham volumes eficientes. Considera-se o volume de água que está no tanque ao final do mês igual ao volume que está no tanque no início do mês somado com o volume mensal produzido pela chuva no mês, considerando as perdas, menos a demanda mensal. Deve ser considerado que no primeiro mês o reservatório se apresenta vazio, a falha deve ser calculada pelo quociente do número de meses em que a demanda não foi atendida pelo reservatório pelo número de meses considerado, geralmente doze, sendo recomendado que se utilize valores de confiança que estejam entre 90% e 99% (NBR 15527, 2007).

Amorim (2008), explica que esse método, assim como o método prático alemão, fornece volumes conservadores. Fator esse que pode ser explicado pela condição de sua fórmula proporcionar a escolha de um volume considerando a eficiência do reservatório, permitindo a não contabilização da ociosidade do reservatório. Dessa maneira, em regiões com disponibilidade hídrica o método prático australiano retornará volumes menores em comparação com as metodologias apresentadas, que consideram a precipitação anual média para dimensionar volumes.

1.6 MÉTODOS DIVERSOS

Conforme Hagemann (2009), o Método Monte Carlo verifica valores de volumes através da probabilidade de atendimento à demanda por meio de séries sintéticas obtidas da série histórica de dados de precipitação. Visto que esse método não retorna valores de volume, geralmente é utilizado juntamente com outro método o qual seu resultado final seja um volume de reservatório.

De acordo com Tomaz (2011), o cálculo através do método de Monte Carlo se aplica em três fases. A primeira é a determinação dos dados de entrada, ou seja, a série sintética, que conforme Wilks (1999) são séries produzidas por um modelo estocástico. Tais modelos produzem números aleatórios que se assemelham aos verdadeiros com respeito a suas mais importantes propriedades estatísticas, através de algoritmos computacionais, sendo adequado quando não há disponibilidade suficiente de dados. Em segundo transformam-se os dados de entrada em informação de saída, como exemplo, a obtenção de um volume por meio do método de Rippl. Por último analisa-se o tamanho dos reservatórios.

Fewkes (2000) investigou como as flutuações espaciais e temporais de precipitação pluvial poderiam ser incorporadas em modelos de comportamento de sistemas de aproveitamento de água da chuva. As simulações de balanço hídrico foram conduzidas de acordo com diferentes reservatórios operando algoritmos e várias escalas temporais para algumas séries pluviométricas no Reino Unido.

Cheng e Liao (2009) exploraram zoneamento regional para sistemas de aproveitamento de água da chuva no norte de Taiwan utilizando análise de cluster. Usando os dados de precipitação de 72 estações, eles tiraram um dimensional indicador para hierarquizar o potencial de aproveitamento de água da chuva em função das características regionais de precipitação e tamanho de armazenamento do sistema.

Hanson et al (2009) forneceu um relacionamento log-linear regressivo para calcular a capacidade de armazenamento necessária para um sistema que recolha águas pluviais, a qual é geralmente aplicável nos Estados Unidos. A Equação é baseada nos resultados de um modelo comportamental de um sistema de captação de água da chuva e aplicado aos registros diários de 232 estações hidrométricas de precipitação dos Estados Unidos. Embora a equação demonstre boas performances previstas em escala nacional, a sua aplicação requer a elaboração de dados para calcular as variáveis climáticas (chuvas estatísticas diárias) para prever a capacidade de armazenamento.

Campisano (2012) utilizou uma metodologia adimensional para determinar o tamanho ideal de tanques para aproveitamento de água da chuva, com base nos resultados de simulações diárias de água de equilíbrio para 17 chuvas de estações hidrométricas na Sicília (Itália). Um parâmetro adimensional em particular foi definido para permitir uma melhor descrição do caráter intra-anual de padrões de chuva. Modelos regionais regressivos foram derivados permitindo a avaliação de economia de água e extravasamento perdido de sistemas de aproveitamento. Também foi feita uma relação para avaliar o tamanho ideal do tanque determinado com base no critério de custo mínimo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A obtenção de série histórica de precipitação é fundamental para determinação do volume de um reservatório que atenda as condições de interesse. A Agência Nacional de Águas - ANA possui um sistema de banco de dados com a maioria dos dados de precipitação das estações medidoras do país (ANA, 2012). Esses dados estão disponíveis gratuitamente no sistema Hidroweb no sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas.

O estado de Rondônia possui 100 estações pluviométricas no banco de dados da Agência Nacional de Águas, disponíveis no portal Hidroweb, Sistema de Informações Hidrológicas, dentre as quais foram adquiridos, organizados, e simulados os dados de 40 estações pluviométricas a sua distribuição espacial pode ser observada na figura 1, já a descrição das estações e a distribuição temporal dos dados podem ser observados no quadro 1 e quadro 2. As demais estações foram descartadas por não possuírem dados suficientes. Conforme Tomaz (2011) é indicado empregar série de precipitações acima de 10 anos para metodologia utilizada.

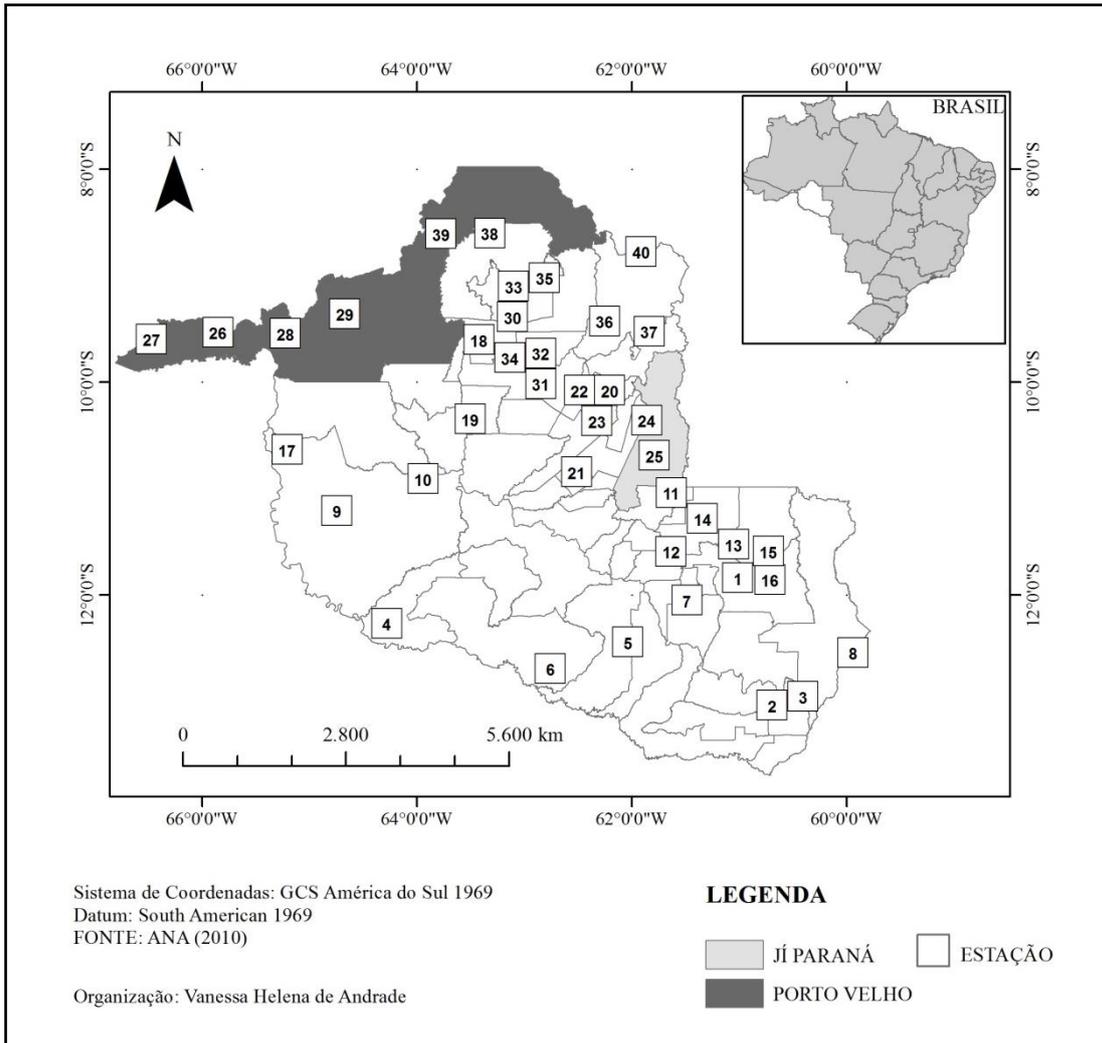


Figura 1 - Localização das estações pluviométricas e dos municípios de Ji-Paraná e Porto Velho Estado no estado de Rondônia.

Quadro 1 - Estações pluviométricas simuladas no estado de Rondônia.

(continua)

Nº	CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	NOME MUNICÍPIO	Localização	
				Latitude	Longitude
1	1360002	Pimenteiras	Pimenteiras do Oeste	13° 28' 47" S	61° 02' 47" O
2	1360001	Cerejeira	Cerejeiras	13° 11' 48" S	60° 49' 24" O
3	1360000	Colorado do Oeste	Colorado do Oeste	13° 06' 51" S	60° 32' 54" O
4	1264000	Príncipe da Beira	Costa Marques	12° 25' 37" S	64° 25' 21" O
5	1262001	Izidolândia	Alta Floresta do Oeste	12° 36' 05" S	62° 10' 42" O
6	1262000	Pedras Negras	Costa Marques	12° 51' 05" S	62° 53' 57" O
7	1261001	Parecis	Parecis	12° 12' 33" S	61° 37' 43" O
8	1260001	Vilhena	Vilhena	12° 42' 00" S	60° 05' 00" O
9	1164001	Boa Vista do Pacaás	Guajará-Mirim	11° 22' 00" S	64° 53' 11" O
10	1164000	Seringal São Luiz	Guajará-Mirim	11° 04' 00" S	64° 05' 00" O
11	1161003	Ministro Andreazza	Ministro Andreazza	11° 11' 49" S	61° 31' 41" O
12	1161002	Rolim de Moura	Rolim de Moura	11° 44' 59" S	61° 46' 35" O
13	1161001	Pimenta Bueno	Pimenta Bueno	11° 41' 01" S	61° 11' 32" O
14	1161000	Vista Alegre	Cacoal	11° 26' 27" S	61° 29' 02" O
15	1160002	Fazenda Flor do Campo	Pimenta Bueno	11° 44' 56" S	60° 52' 04" O
16	1160000	Marco Rondon	Pimenta Bueno	12° 00' 55" S	60° 51' 18" O
17	1065002	Guajará-Mirim	Guajará-Mirim	10° 47' 33" S	65° 20' 52" O
18	1063001	Mineração Ponte Massangana	Ariquemes	09° 45' 39" S	63° 17' 15" O
19	1063000	Escola Caramurú	Ariquemes	10° 30' 18" S	63° 38' 46" O
20	1062004	Theobroma	Theobroma	10° 14' 11" S	62° 20' 45" O
21	1062003	Mirante da Serra	Mirante da Serra	11° 00' 13" S	62° 39' 22" O
22	1062002	Seringal 70	Jaru	10° 14' 11" S	62° 37' 38" O
23	1062001	Jaru	Jaru	10° 26' 45" S	62° 27' 56" O
24	1061003	Rondoninas (barrocas)	Ouro Preto do Oeste	10° 31' 01" S	62° 00' 05" O
25	1061001	Ji-Paraná	Ji-Paraná	10° 50' 58" S	61° 55' 50" O
26	966001	Pedreiras	Porto Velho	09° 41' 25" S	65° 59' 35" O
27	966000	Nova Califórnia	Porto Velho	09° 45' 20" S	66° 36' 42" O
28	965001	Abunã	Porto Velho	09° 42' 11" S	65° 21' 53" O
29	964001	Palmeiral	Porto Velho	09° 30' 59" S	64° 48' 44" O
30	963009	Ponte do Rio Preto do Crespo	Ariquemes	09° 28' 00" S	63° 15' 00" O
31	963006	Setor Cachoeirinha	Ariquemes	09° 53' 14" S	62° 59' 17" O
32	963004	Fazenda Rio Branco	Ariquemes	09° 53' 14" S	62° 59' 16" O
33	963001	Santo Antônio BR-364	Porto Velho	09° 15' 38" S	63° 09' 43" O
34	963000	Ariquemes	Ariquemes	09° 55' 54" S	63° 03' 25" O

Quadro 1 - Estações pluviométricas simuladas no estado de Rondônia.

(conclusão)

Nº	CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	NOME MUNICÍPIO	Localização	
				Latitude	Longitude
35	962001	Mineração Jacundá	Porto Velho	09° 10' 45" S	62° 57' 11" O
36	962000	Mineração Oriente Novo	Machadinho do Oeste	09° 35' 11" S	62° 23' 38" O
37	961003	Fábio (boliche)	Machadinho do Oeste	09° 40' 53" S	61° 58' 44" O
38	863003	Cachoeira do Samuel	Candeias do Jamari	08° 45' 35" S	63° 27' 45" O
39	863000	Porto Velho	Porto Velho	08° 46' 00" S	63° 55' 00" O
40	862000	Tabajara	Machadinho do Oeste	08° 56' 00" S	62° 03' 14" O

Vale ressaltar que o estado não possui estações com mais de 29 anos de dados de precipitação completos o que impede a utilização de certas metodologias de dimensionamento de reservatórios, bem como avaliação de eficiência, como exemplo é o caso da metodologia utilizada por Hagemann (2009) que exige um registro histórico de pelo menos 40 anos de dados.

O estado de Rondônia, segundo o IBGE (2010), está localizado na região amazônica sendo a área do seu território de 237.590,864 km², com 1.562.409 milhões de habitantes. Além de fazer limite com três estados brasileiros, a saber, Acre, Amazonas e Mato Grosso, também faz limite com a Bolívia.

Segundo Herpin et al (2001), o clima de Rondônia é tropical úmido com média anual de precipitação de 2200mm com um curto período bem definido de estação seca, que é compreendido pelos meses de Junho a Agosto. Sendo que de acordo com o Boletim Climatológico do estado desenvolvido pela SEDAM (2007), esse período é caracterizado por precipitação mensal menor que 20mm. As temperaturas médias anuais máximas e mínimas vão de 24,4 a 25,5° célsius e 18,8 a 20,3° respectivamente.

Porto Velho e Ji-Paraná, de acordo com o IBGE (2010), são as duas maiores cidades de Rondônia, possuindo juntas mais de 30% da população total do estado. Porto Velho localizado ao extremo norte, com uma caracterização pluviométrica diferente de Ji-Paraná, localizada no centro leste de Rondônia. O comportamento diferenciado da precipitação nas duas cidades pode ser comprovado no trabalho de Souza (2012) que estudou os eventos de precipitação extrema do estado de Rondônia, como também no Boletim Climatológico elaborado pela SEDAM (2007).

As duas cidades foram destacadas como referência para posterior discussão dos resultados sendo que as figuras dos dados simulados das demais 38 estações estão dispostas no apêndice desse trabalho.

A cidade de Ji-Paraná possui uma área de 6.896,744km², com uma população de 116.610 habitantes. Já Porto Velho possui uma área de 34.096,429km², sendo sua população de 428.527 habitantes (IBGE, 2010). A localização dos municípios pode ser observada na figura 1.

A NBR 15527 (2007) apresenta métodos distintos para o cálculo de dimensionamento de reservatórios, dentre eles o método da simulação, escolhido nesse trabalho por permitir a verificação da eficiência do sistema de captação.

A análise de simulação do reservatório baseou-se na equação da continuidade de McMahon (1993) descrita por Tomaz (2011). Sendo que para aplicar essa metodologia é necessária a série histórica pluviométrica, a demanda diária per captada de água, a área de captação e o volume do reservatório no qual a água será armazenada, em que o procedimento de cálculo pode ser observado na equação 1 e 2.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad (2)$$

Sendo:

$$0 \leq S_{(t)} \leq V$$

$S_{(t)}$ o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ o volume de água no reservatório no tempo $t-1$;

$Q_{(t)}$ o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ o consumo ou demanda no tempo t ;

V o volume do reservatório fixado;

C o coeficiente de escoamento superficial;

P a precipitação diária;

A a área de captação.

Assim, o volume, S , de água no reservatório no tempo t é exatamente o volume não utilizado no dia anterior, $t-1$, adicionado ao volume passível de ser captado, $Q_{(t)}$, no presente tempo menos a demanda. Em que no volume passível de ser captado são consideradas as perdas pelo coeficiente *runoff* e o descarte de precipitação recomendado por norma.

Dessa forma a simulação foi realizada considerando dois perfis de consumo, sendo demanda para descarga sanitária em residências unifamiliares e demanda para lava a jatos. Simulações que exigiram faixas de área de captação e valores de demandas diferentes.

Nesse sentido para residência unifamiliar, utilizou-se área de captação variando de 50 a 100 m² e volume de reservatório de 1.000 a 10.000 litros. A eficiência foi obtida considerando uma demanda fixa de 360 litros de consumo diário, o que corresponde ao consumo referente à descarga sanitária para o número de cinco pessoas em uma residência.

A demanda diária foi definida conforme estimativa de demanda residencial de água apresentada por Tomaz (2011). O volume escolhido para essa simulação, 12 litros de água por descarga sanitária, se encontra dentro da faixa superestimada de consumo diário do autor, em que o volume máximo considerado é de 18 litros e o consumo médio, tido como mais provável, é de 9 litros. Considerando, ainda conforme Tomaz (2011), que o número de descargas sanitárias diárias por pessoa seja de seis.

Assim, temos o produto da quantidade de litros por descarga, 12, do número de descargas sanitárias por pessoa, 6, da quantidade de pessoas, 5, igual ao consumo total 360 litros de demanda por dia.

A faixa de área de telhados proposta foi selecionada levando em consideração dados obtidos na Secretaria de Obras, junto ao Setor de Fiscalização do município de Ji-Paraná. Foram analisadas as licenças de habite-se, que é o ato administrativo que autoriza habitação em edificações dentro dos municípios.

Constatou-se que aproximadamente 67% das licenças emitidas entre 2007 e 2012 perfaziam construções com área entre 50 e 100m². Ressalta-se que as licenças de habite-se emitidas no município de Ji-Paraná só passaram a ser registradas em sistema digital a partir de 2007. O que impossibilitou os servidores públicos responsáveis pelo setor acesso e fornecimento dos dados que precedem essa data.

Já o consumo de água referente à demanda de lava a jato foi considerada 3200L.dia⁻¹, a área de telhado variando de 100 a 600 m² e o volume de reservatório simulado foi de 5.000 a 50.000 litros.

A faixa da área de captação foi definida com base em coordenadas de todos os lava a jatos da cidade de Ji-Paraná encontrados no trabalho de Laureano (2013). Após a aquisição dessa localização calculou-se a área de 66,7% das coberturas por meio de imagem de satélite disponível no Google Earth. Dessa maneira, a média de área dos telhados encontrada foi de aproximadamente 500m², sendo que a área que mais se repetiu foi a de 100m². Assim, a faixa simulada variou de 100 a 600m².

Já a demanda foi definida com base na quantidade de veículos lavados nos lava a jatos da cidade de Ji-Paraná obtida no trabalho de Laureano (2013). De posse da quantidade de veículos lavados em 66,7% dos postos de lavagem calculou-se a média de veículos. Conforme SEBRAE (2012) é gasto em média 150L a 250L de água para cada veículo. Desse modo obteve-se a demanda média de 3200L diários, tendo sido adotado o valor de 200L de água para cada veículo. Vale destacar que não se usou todos os postos de lavagem em razão da

impossibilidade que Laureano (2013) encontrou na aplicação de questionário para seu trabalho.

Se tratando da faixa de volume de reservatórios, tanto para lava a jato como para residências unifamiliares, foi escolhida uma faixa entendida como razoavelmente aceitável para captação de água da chuva considerando custos, demanda e praticidade na instalação.

A eficiência pôde ser obtida em três etapas, definindo-se a falha, a confiança e multiplicando-se a confiança por 100. Para se definir a falha obteve-se o quociente entre o número de dias que o reservatório não atendeu a demanda e o número total de dias. Conforme McMahon (1993) citado por Tomaz (2011) a confiança é a divisão do número de dias que o reservatório atendeu a demanda pelo total de dias, ou seja, o complemento do que é a falha. Ao se obter o valor da confiança, multiplica-se por 100, obtendo-se assim a eficiência.

Foi adotado o coeficiente de *runoff* 0,8, conforme a NBR 15527 (2007), o coeficiente de *runoff* representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície. De acordo com Tomaz (2011), o valor mais usual adotado é o coeficiente de 0,8, representando bem quando não se tem estudos do escoamento da área em questão.

Hagemann (2009) diz que durante os períodos secos, as áreas de captação de água de chuva interceptam e acumulam detritos como folhas, poeira, pequenos animais mortos, fezes de animais, poluentes do tráfego e industriais, entre outros. A primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carreando poluentes presentes nestes dois ambientes.

Dessa maneira, se recomenda a inserção de dispositivo de descarte dos primeiros milímetros de chuva para evitar a captação dos milímetros responsáveis por limparem o telhado de captação dos resíduos grosseiros. A norma NBR 15527 (2007) indica o descarte dos primeiros 2mm de chuva em regiões com ausência de estudos. A região em estudo não possui trabalhos concluídos sobre a quantidade de milímetros a serem descartados, de tal modo que para efeito da simulação foi subtraído 2mm de cada dia em que houve precipitação na série histórica de chuva conforme preconizado na norma.

Também foi desconsiderado para simulação o período correspondente aos meses de junho, julho e agosto, em que pode se assumir, conforme o perfil de precipitação da região que será necessária outra fonte de água que não o da chuva.

Após obtenção da série histórica do sítio da ANA foi necessário a tabulação dos dados, em que os anos com falhas no registro da precipitação foram excluídos da análise.

Sendo que para efeito de simulação, nos anos precedidos de falha foi considerado início com pior cenário de pluviosidade no final do ano excluído precedente, o que significa dizer que o reservatório foi tido como vazio.

Os dados foram exportados para o programa Microsoft Excel 2010 e organizados em uma planilha de forma que foi possível a criação de rotinas capazes de encontrar as falhas dos registros de precipitação. Visto que as falhas perfaziam meses, em alguns casos, bem como o aparecimento de falhas em épocas semelhante em estações vizinhas, decidiu-se descartar os anos com falhas da simulação.

A partir das rotinas de identificação de falha, criou-se outra planilha para identificação e descarte dos anos com falhas. Tendo-se descartado os anos, os dados foram copiados para outra planilha em que foram realizados os procedimentos para simulação.

Para facilitar a discussão dos resultados fica convencionado que o termo demanda residencial se refere a 360L.d^{-1} para descarga sanitária e o termo demanda para lava a jato referindo-se a 3200L.d^{-1} .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos foi possível calcular a eficiência para diferentes valores de área de captação e volume de reservatórios com vistas ao armazenamento de águas pluviais em diferentes municípios no estado de Rondônia. Primeiramente, toma-se como base a estação pluviométrica Ji-Paraná, código 01061001, localizada na cidade de Ji-Paraná, para demanda residencial. Em que se destaca que à medida que se aumenta o volume do reservatório, deixando a área de captação fixa, há um aumento menos significativo da eficiência partindo de 3.000 litros de volume mostrado na figura 2.

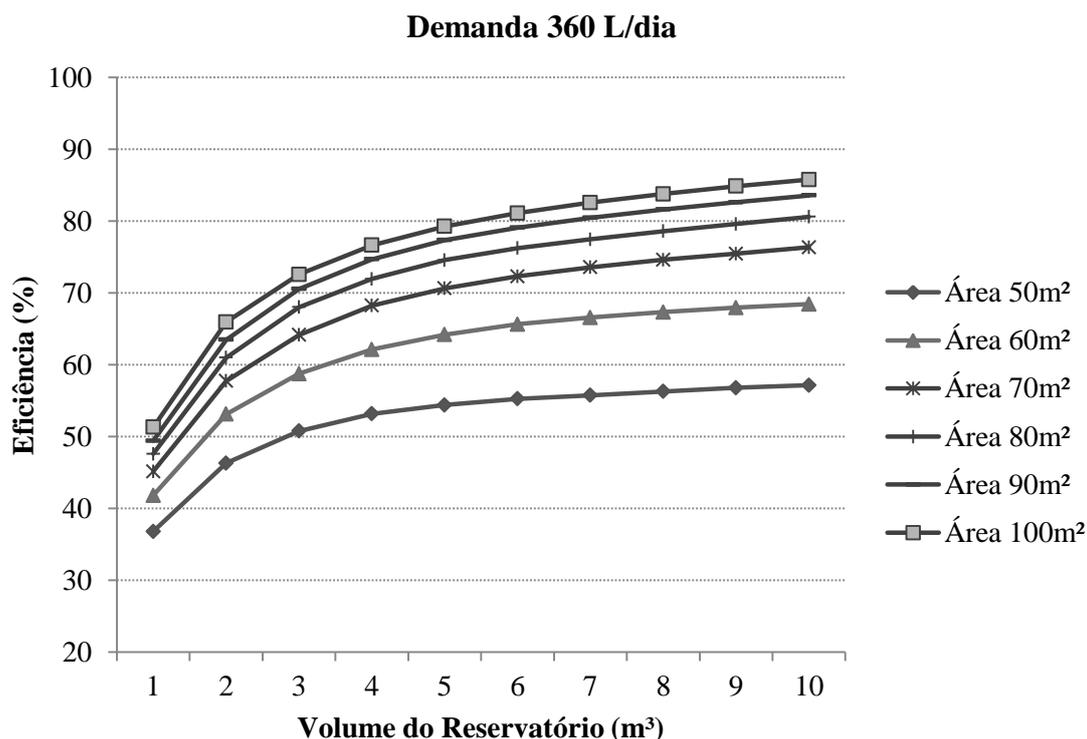


Figura 2 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na para descarga sanitária na região de Ji-Paraná, estação de código 01061001.

No entanto, a partir de 80 m² de área de captação, mantendo-se o volume fixo, não se observa aumento expressivo da eficiência. Esse comportamento se repete na maioria das estações. Em que pode se perceber que à medida que se aumenta a área de captação, mantendo-se o volume fixo, o aumento de eficiência torna-se cada vez menor.

A análise do gráfico evidencia um crescimento logarítmico da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. Esse mesmo comportamento foi encontrado no trabalho de Seeger (2008) em seu estudo da eficiência de sistema de armazenamento de águas pluviais.

Destaca-se então que a maioria das estações teve comportamento semelhante ao comportamento da estação de Ji-Paraná. Sendo que todas as estações tiveram um comportamento de crescimento logarítmico da eficiência, tanto para demanda residencial quanto para demanda para lava a jatos.

Em que se pode tomar como subsídio a ilustração gráfica do comportamento geral da eficiência em cada região do estado baseada na precipitação simulada. Assim, os gráficos podem ser analisados de forma crítica pelo observador. Sendo possível a escolha do ponto

mais favorável, avaliando a eficiência relacionada à área de captação e o volume de reservatório escolhido. Os gráficos da simulação da eficiência podem ser encontrados nos apêndices desse trabalho.

Como exemplo observa-se o comportamento da eficiência de um reservatório cuja área de captação é de 70 m², conforme o perfil de precipitação da estação Ji-Paraná, código 01061001, para demanda residencial. A variação do ganho em eficiência para o aumento de um reservatório de 1.000 litros para um reservatório de 5.000 litros é de quase 26% enquanto que a variação do ganho de eficiência do aumento de um reservatório de 5.000 litros para um reservatório de 10.000 litros é de 5,7%. Assim, a comparação evidencia um ganho de eficiência mais de quatro vezes menor no segundo aumento de volume.

Já na estação Porto Velho, código 0863000, localizada no município de Porto Velho, observou-se um comportamento diferente das demais estações em relação à demanda residencial. Para esta estação a estabilização na curva da eficiência acontece a partir de 10.000 litros quando se mantém a área de captação fixa. Assim, foi necessário um acréscimo na faixa de volume de reservatório simulado para que fosse possível identificar a região em que o aumento do reservatório deixa de causar aumento expressivo na eficiência. Como pode ser visto na figura 3 a faixa simulada de volume de reservatório partiu de 1.000 litros a 20.000 litros.

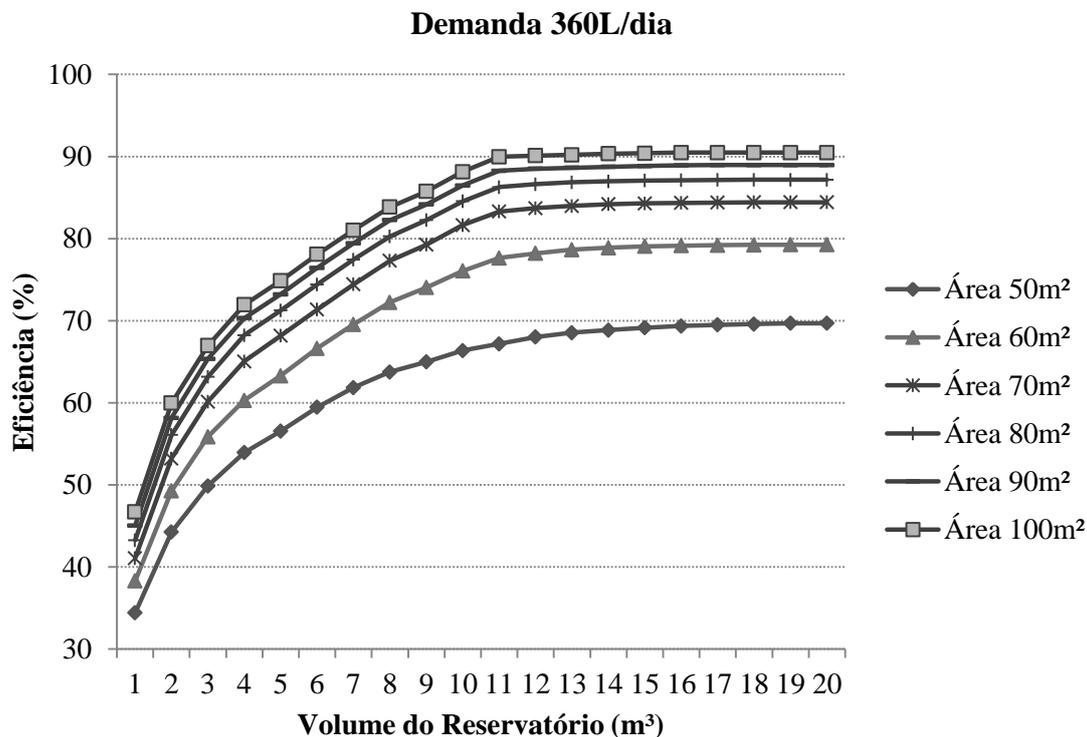


Figura 3 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 863000.

Esse tipo de comportamento pode ser observado com menos variação em algumas estações diante da faixa de telhados simulada. Como exemplo, a estação Abunã no município de Porto Velho, de código 965001 figura 28 do Apêndice A, e a estação Boa Vista dos Pacaás no município de Guajará-Mirim, de código 1164001 figura 9 do Apêndice A.

No tocante a variação da eficiência quando da observação do aumento da área de captação, mantendo-se o volume de reservatório fixo, se observa praticamente o mesmo comportamento da estação de Ji-Paraná. Sendo que o aumento se torna cada vez menos expressivo a partir de 80m² de área de captação.

Também foi realizada a mesma exemplificação feita em Ji-Paraná, agora para a estação de Porto Velho, código 863000, para demanda residencial, em relação à variação da eficiência para área de captação de 70m² quando do aumento do volume de reservatório de 1.000 para 5.000 litros e depois de 5.000 para 10.000 litros.

Porto Velho apresenta um comportamento diferente na faixa aplicada para Ji-Paraná, pois pelo gráfico, figura 3, pode-se analisar que a partir de 5.000 litros de reservatório a

eficiência ainda apresenta uma tendência de aumento acentuado até 10.000 litros. Em que para área de captação de 70 m² a variação do ganho de eficiência para o aumento de reservatório de 1.000 litros para 5.000 é de 27%, já do aumento de 5.000 litros para 10.000 litros ainda é de mais de 13%, percebe-se uma redução na variação da eficiência pela metade, no entanto uma redução menor se comparada com Ji-Paraná.

Essa diferença de comportamento pode ser explicada pelo perfil de precipitação das regiões. Conforme o Boletim Climatológico da SEDAM (2007), a região de Ji-Paraná tem precipitação média anual de até 1600mm, já a região de Porto Velho apresenta médias que vão de 2000mm até pouco mais de 2400mm. O que evidencia o maior potencial hídrico da região de Porto Velho em relação Ji-Paraná.

Também foi calculada para as outras áreas de captação da demanda residencial a variação da eficiência com o aumento do volume de reservatório de 1.000 para 5.000 litros e depois de 5.000 para 10.000 litros. Essa variação da eficiência pode ser observada na tabela 3.

Tabela 3 - Ganho de eficiência no aumento de volume de reservatório.

Área de captação (m ²)	Ganho de eficiência no aumento de volume de reservatório. (%)			
	De 1.000 para 5.000 (L)		De 5.000 para 10.000 (L)	
	Estação PVH*	Estação JP**	Estação PVH*	Estação JP**
100	28,1	27,9	13,3	6,5
90	28,1	27,9	13,3	6,2
80	28,0	27,0	13,3	6,0
70	27,1	25,5	13,5	5,7
60	25,0	22,4	12,8	4,2
50	22,1	17,6	9,8	2,8

* Estação Porto Velho código 863000. ** Estação Ji-Paraná código 01061001

Com base nos dados obtidos também foi possível calcular a eficiência para diferentes valores de área de captação e volume de reservatórios com vistas ao armazenamento de águas pluviais considerando a demanda para lava a jato. Se tratando da estação Ji-Paraná, código 01061001, se observa que a partir de 20m³ de volume de reservatório o aumento da eficiência passa a ser menos acentuado se comparado com a faixa de volumes precedente a esse valor.

Em relação ao aumento da área de captação mantendo-se o volume fixo o comportamento se assemelha ao da demanda residencial, em que o aumento de eficiência torna-se cada vez menor como pode ser visto na figura 4.

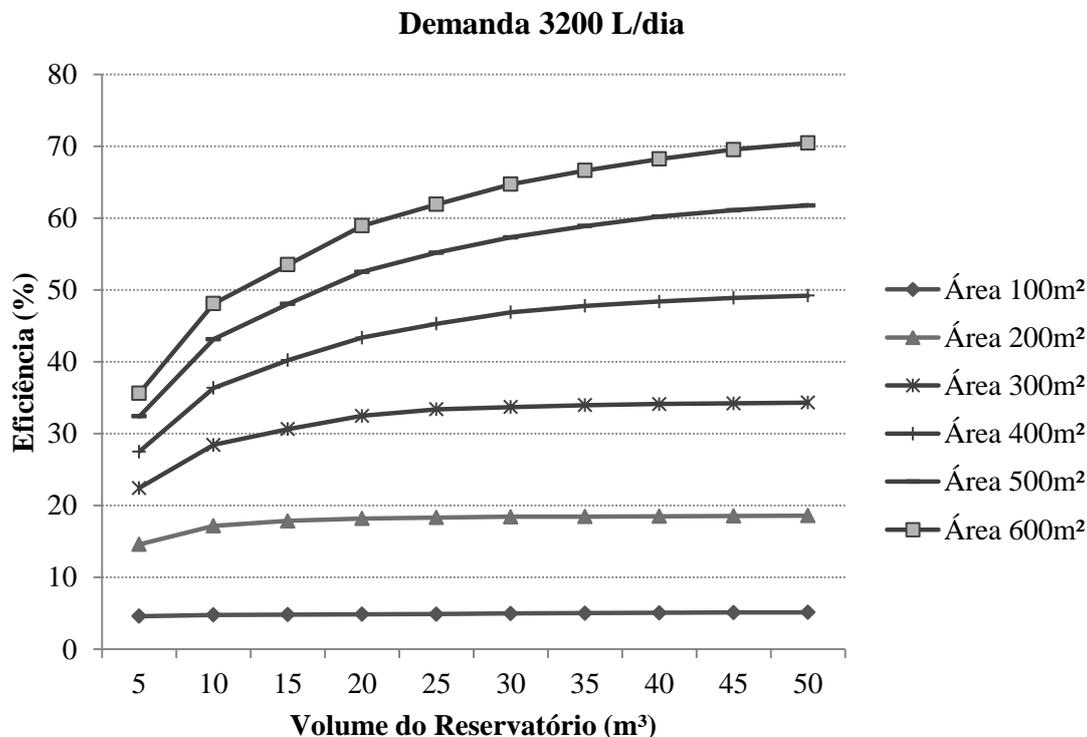


Figura 4 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ji-Paraná, estação de código 01061001.

Para demanda de lava a jato na estação da região de Porto Velho de código 863000 o comportamento teve o mesmo observado na demanda residencial no tocante a estabilização da curva da eficiência, no entanto não se aumentou a faixa de reservatório simulada na visualização gráfica, mas por simulação observou-se ocorrer a partir dos 60m³ para faixa de área de captação simulada. A tendência loríngatima, bem como o comportamento identificado na estação Ji-Paraná para mesma demanda foi semelhante como pode ser visto na figura 5.

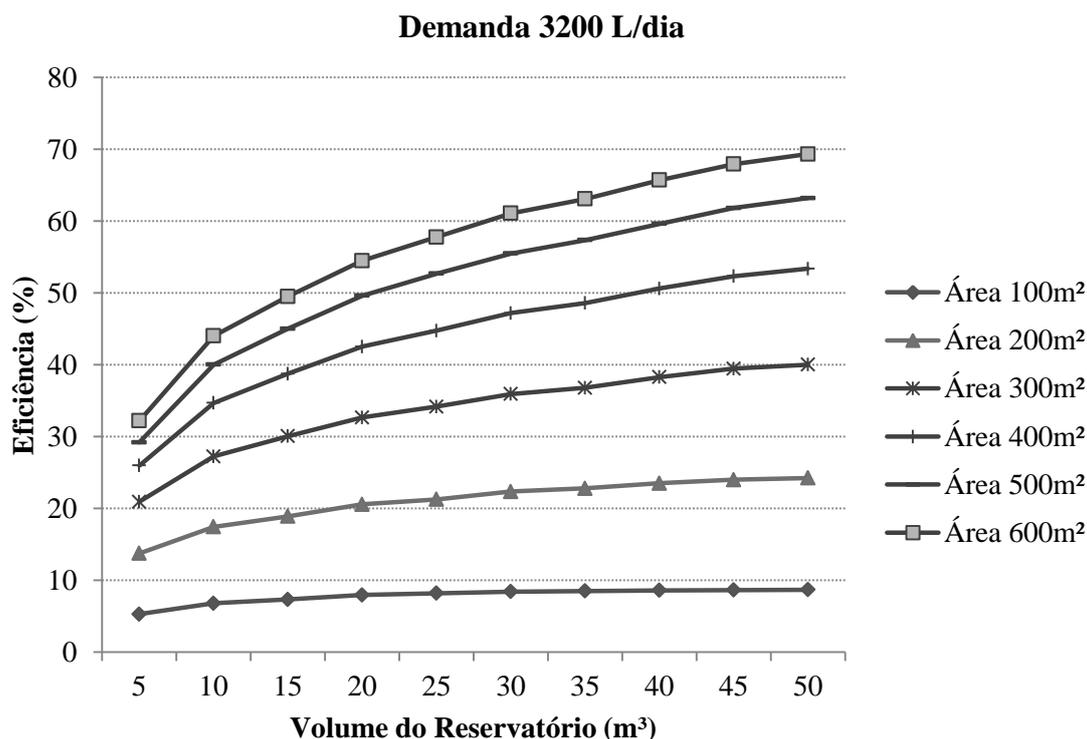


Figura 5 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 863000.

Verifica-se que a área de captação mais frequente, 100m^2 não obteve uma eficiência expressiva, sendo em todos os casos simulados inferiores a 10% de eficiência.

Assim, destaca-se que à medida que se aumenta o volume do reservatório, deixando-se a área de captação fixa, há um aumento menos significativo da eficiência, esse comportamento se deve a capacidade de captação que por mais que se aumente o reservatório, a área de captação chegou ao limite de coleta de água.

Já à medida que se aumenta a área de captação mantendo-se o volume fixo o aumento de eficiência torna-se cada vez menor, isso porque por mais que se aumente a área de captação o volume do reservatório chega ao seu limite.

No caso de se aumentar tanto a área de captação, como o volume de reservatório percebe-se que a variação da eficiência deixa de ser expressiva. O que está relacionado com o potencial pluviométrico da região que por mais que se aumente a área de captação e volume de reservatórios não ocasionará em aumento de expressivo da eficiência.

Essas observações são importantes, pois permite ao indivíduo construir um sistema de captação baseado no ganho de eficiência relacionado ao volume do reservatório, sendo possível identificar que por mais que o aumento no volume do reservatório permita um ganho na eficiência, este seria irrelevante diante do gasto com aumento do reservatório, analisando que o aumento da eficiência é cada vez menor.

É importante destacar que nas análises foi desconsiderado o período seco, que conforme Herpin, et al., (2002) se dá pelos meses de junho, julho e agosto. Sendo que de acordo com o Boletim Climatológico do estado desenvolvido pela SEDAM (2007), esse período é caracterizado por precipitação mensal menor que 20mm. Não deixando de destacar que o reservatório foi considerado sempre vazio após cada período seco, o que influencia diretamente na eficiência.

Também foi calculada, para exemplo, a eficiência da demanda residencial considerando o período seco para comparação de valores com a simulação sem período seco. Na comparação da simulação entre a eficiência e a eficiência desconsiderando os meses da estação seca para a estação de Ji-Paraná, houve uma diferença de pelo menos 8% de eficiência, chegando até aproximadamente 20% de alteração quando calculada a eficiência desconsiderando os meses em que pode se assumir que será provavelmente necessária outra fonte de água que não a da chuva, conforme o perfil de precipitação da região.

Para estação Ji-Paraná, código 01061001, no intuito de proporcionar uma melhor visualização demonstra-se o comportamento da eficiência para o telhado de 70m² com o volume de reservatório de 5.000 litros. A eficiência total sem desconsiderar os meses secos foi de 54%, já a eficiência com a desconsideração dos meses secos foi de 70,7%, ou seja, uma diferença de 16,7% entre as duas eficiências. Nesse mesmo cálculo para Porto Velho 863000, encontrou-se uma diferença de 13,4%.

Na verificação da alteração de eficiência não se calculou a influência do coeficiente de escoamento, *runoff*, nem a influência do descarte dos milímetros de chuva considerados pela norma brasileira para retirada de resíduos grosseiros da área de captação.

Vale ressaltar que Bento et al (2012) está desenvolvendo um trabalho para verificar a qualidade da água da chuva escoada em um telhado em Ji-Paraná com objetivo de identificar a quantidade de milímetros que deve ser descartada antes de ser encaminhada para reservatório de fins não potáveis, o que possibilitará trabalhos futuros simularem o descarte convencional para região que ainda não possui estudos.

Observando os diversos usos que não necessitam de tratamento específico, conforme Tomaz (2011), as águas pluviais podem ser utilizadas nas descargas de banheiros, rega de jardins, lavagem de calçadas, lavagens de automóveis dentre outros usos menos nobres. Em que se constata o potencial da região em suprir parcialmente essas demandas descritas por Tomaz (2011), principalmente no consumo doméstico.

Ainda se destaca a possibilidade de aproveitamento de águas pluviais em lava a jatos. SEBRAE (2012) recomenda o aproveitamento de água da chuva em lava a jatos, ainda exemplifica a cidade de Pernambuco que através da lei nº 17.606 sancionada em 2010 obriga todos os estabelecimentos de lavagem de veículos a instalarem sistema de reservatório e captação de água de chuva.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar um crescimento logaritmo da eficiência em função do aumento dos valores da área de captação e volume de armazenamento do reservatório. A eficiência do sistema obtida por meio do método da simulação a partir de um volume provável pré-definido, permite a escolha do dimensionamento mais adequado de um reservatório para uma determinada área de captação, ocasionando melhor atendimento a demanda diária com um volume de reservatório de menor custo. Também foi possível constatar parte do limite que as dimensões da área de captação, do reservatório, bem como o potencial pluviométrico impõem a eficiência do aproveitamento de águas pluviais. Por último constatou-se o potencial da região em atender parcialmente a demanda doméstica de utilização de água, bem como a de lava a jatos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S. V. D.; PEREIRA, D. J. D. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, Junho 2008. ISSN 1678-8621.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Sistema de Informações Hidrológicas**, 2012. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>>. Acesso em: 20 Agosto 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8p.

BENTO, A. Q. ; CREMONESE, E. R. ; ANDRADE, V. H. ; FERREIRA, R. F. ; ROSA, A. L. D. ; NASCIMENTO, E. L., Cálculo para dimensionamento de amostrador de água da chuva com captação em telhado de banheiros no campus de Ji-Paraná/UNIR. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, VII, 2012, Tocantins. **Anais. 07. CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA - GEOCIÊNCIAS**.

BEZERRA, S. M. D. C. et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, Outubro 2010. ISSN 1678-8621.

BHERTA, K. B. Inclusion of the Amazon in the geopolitics of water. In: ARAGÓ, L. E.; CLÜSENER-GODT, M. **Issues of local and global use of water**. Montevideo: Unesco, 2004. p. 234.

BISBERTO, R.; RESENDE, L. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis. **Hydro**, São Paulo, n. 60, p. 16 - 23, Outubro 2011. ISSN 1980-2218.

BRASIL. Portaria. Nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. In: **Diário Oficial da União** Nº 3, de 4 de janeiro de 2012, Seção 1.

CAMPISANO, A.; MODICA, C. Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily. Alberto Campisano. **Elsevier**, Catania, 22 Março 2012. 9-16.

CHENG, C. L.; LIAO, M. C. Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in. **Elsevier**, Taiwan, 29 Abril 2009. 421-428.

GIKAS, G. D.; TSIHRINTZIS, V. A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. **Elsevier**, Thrace, 23 Agosto 2012. 115-126.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a. **Urban Water**, Nottingham, 11 Maio 2000. 323-333.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Santa Maria: UFSM, 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

HANSON, L. S.; VOGEL, R. M.; KIRSHEN, P.; SHANAHAN, P. Generalized storage-reliability-yield equations for rainwater harvesting systems. In: Starrett S, editor. **Proceedings of the world environmental and water resources congress 2009**: Great Rivers; 2009.

HERPIN, U. et al. Biogeochemical dynamics following land use change from forest to pasture in a humid tropical area (Rondonia, Brazil): a multi-element approach by means of XRF-spectroscopy. **The Science of the Total Environment**, 2002. 97 - 109.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades@**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=110020>>. Acesso em: 19 Junho 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades@**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=110012>>. Acesso em: 19 Junho 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados@**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ro>>. Acesso em: 22 Agosto 2012.

KINKADE-LEVARIO, H. **Design for Water**. [S.l.]: New Society Publishers Canada, 2007.

KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3. ed. Austin: Texas Water Development Board, 2005.

LAUREANO, de Jesus; MENDONÇA, Andreza Pereira; TAVARES, Lorena de Souza; ROSA, Ana Lúcia Denardin da, ARAÚJO, Maria Elessandra Rodrigues, Instituto Federal de Rondônia. **Análise quantitativa da água secundária de postos de lavagem da cidade de Ji-Paraná**. Ji-Paraná: IFRO, 2013, Relatório Final do Programa de Pesquisador Iniciante do Instituto Federal de Rondônia

LEE, J. Y. et al. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. **Elsevier**, Seoul, 3 Dezembro 2009. 896–905.

MPOG. Instrução Normativa n° 1. **Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências**, 19 Janeiro 2010. Disponível em: <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/wp-content/uploads/2010/03/Instrução-Normativa-01-10.pdf>>. Acesso em: 20 Agosto 2012.

RIO DE JANEIRO. Lei. N° 4393 16 de Setembro de 2004. **Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e**

comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.

Disponível em:

<<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/019d11e38526336083256f120063f8af?OpenDocument>>. Acesso em: 25 de Outubro de 2012.

RONDÔNIA. Alerondonia. **Assembléia Legislativa de Rondônia**, 2009. Disponível em:

<<http://www.alerondonia.kinghost.net/diario-oficial/arquivos-diarios/26130409.pdf>>. Acesso em: 15 Agosto 2013.

RUPP, R. F.; MUNARIN, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, Out/Dez 2011. ISSN 1678-8621.

SÃO PAULO. Lei. Nº 13276 de 4 de Janeiro de 2002. **Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m² (quinhentos metros quadrados)**. Disponível em: <<http://www.leispaulistanas.com.br/reservatorios-de-agua/lei-no-13276-de-4-de-janeiro-de-2002>>. Acesso em: 25 de Outubro de 2012.

SÃO PAULO. Lei. Nº 14.018 de 28 de Junho de 2005. **Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências.**

Disponível em:

<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/habitacao/plantas_on_line/legislacao/index.php?p=8258>. Acesso em: 25 de Outubro de 2012.

SEBRAE. **Ideias de negócios sustentáveis - lava a jato**. Serviço brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Brasília, p. 58. 2012.

SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia, ano 2007**. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Porto Velho, p. 40. 2009.

SEEGGER, L. M. K. **Eficiência dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais na região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

SOUZA, V. A. S. **Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental:**

Rondônia - Brasil. Ji-Paraná: UNIR, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2012.

SPERLING, M. V. **Níveis, processos e sistemas de tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. I, 2005. 452 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva**. 4.ed. São Paulo: Navegar, 2011. 208 p.

VASUDEVAN. The Catchment Surface. In: KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3^a. ed. Austin: Texas Water Development Board, 2005. Cap. 2.

WILKS, D. S. Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation at multiple sites in complex terrain. **Elsevier**, Ithaca, 27 Abril 1999. 85-101.

APÊNDICE A

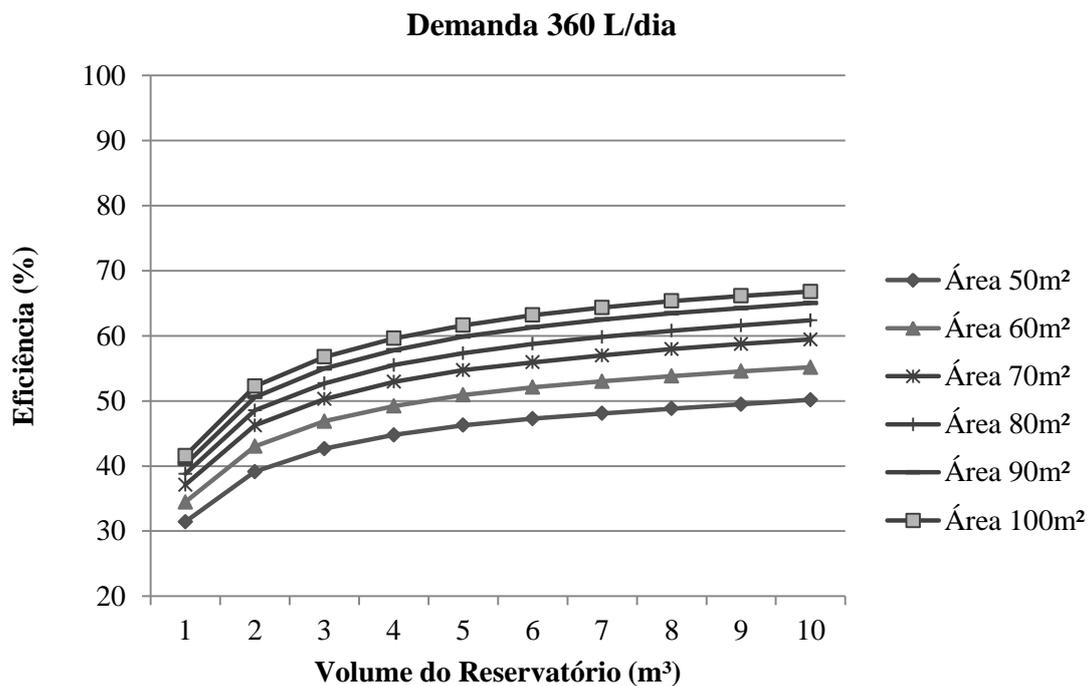


Figura 1 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Pimenteiras do Oeste, estação de código 1360002.

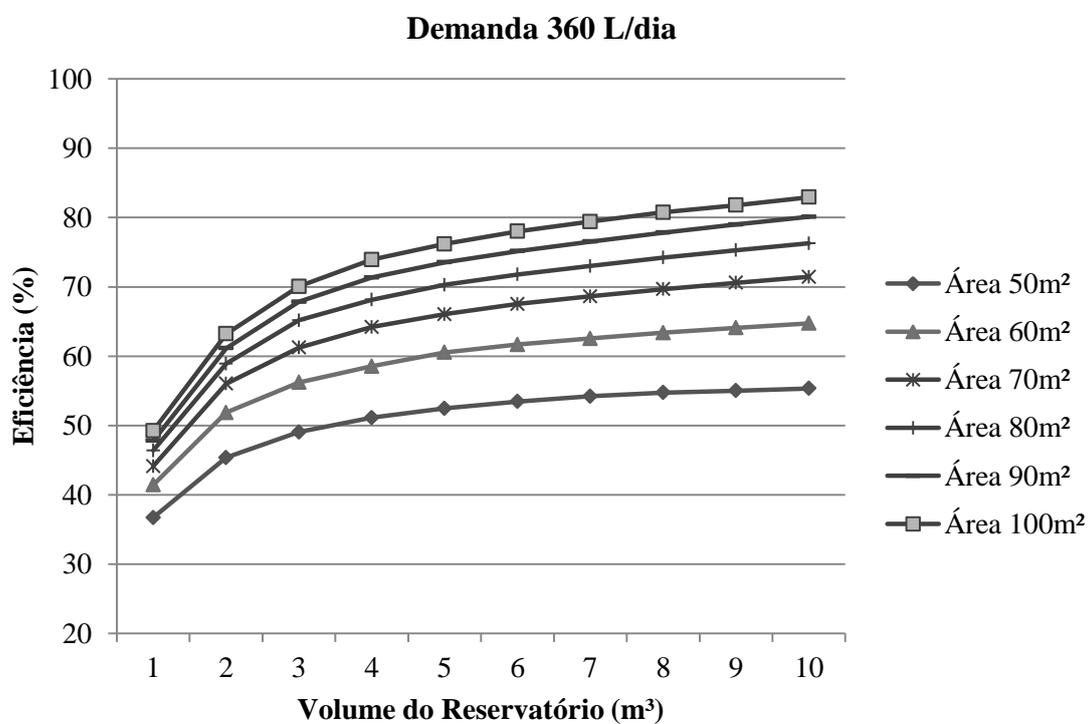


Figura 2 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Cerejeiras, estação de código 1360001.

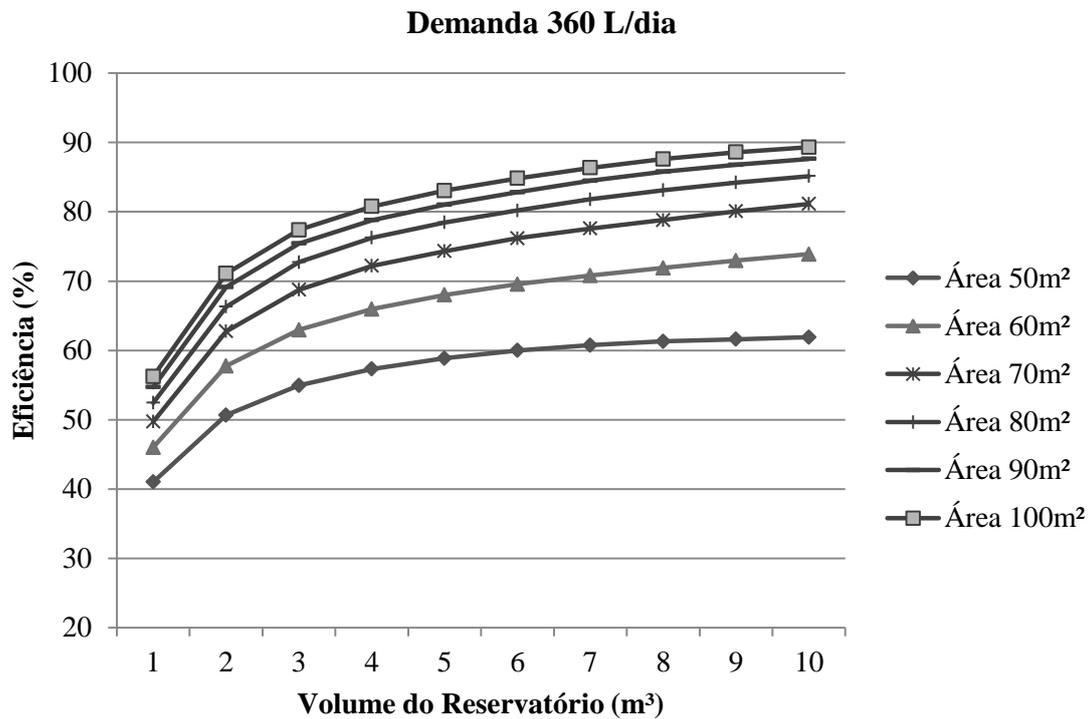


Figura 3 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência 'unifamiliar região de Colorado do Oeste, estação de código 1360000.

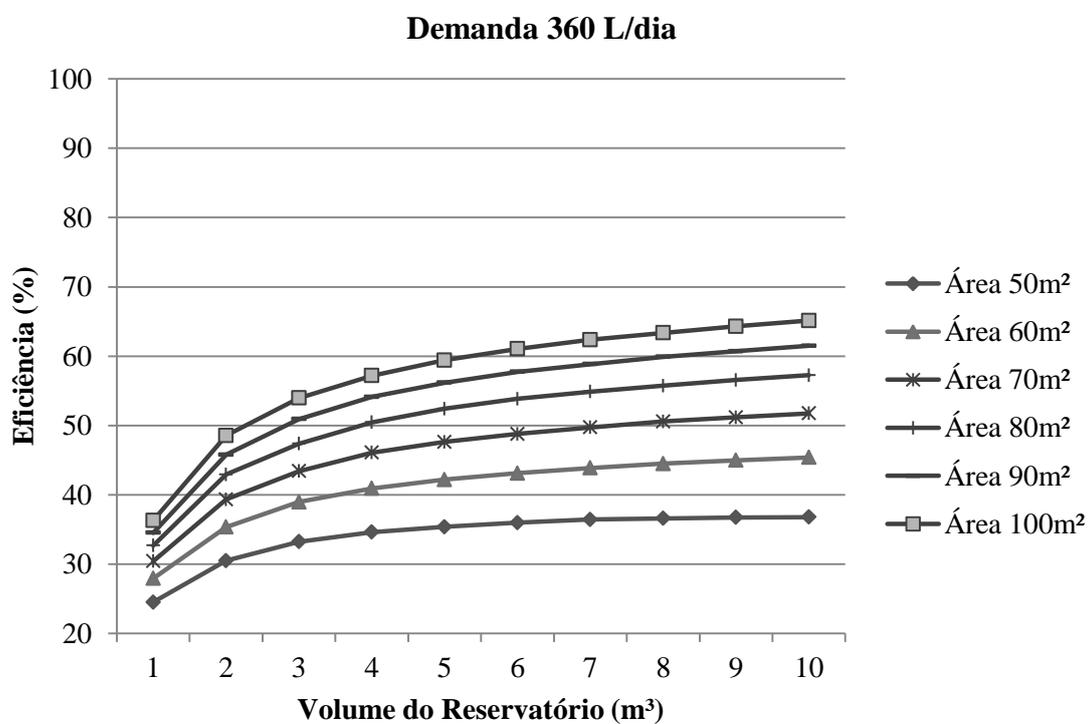


Figura 4 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Costa Marques, estação de código 1264000.

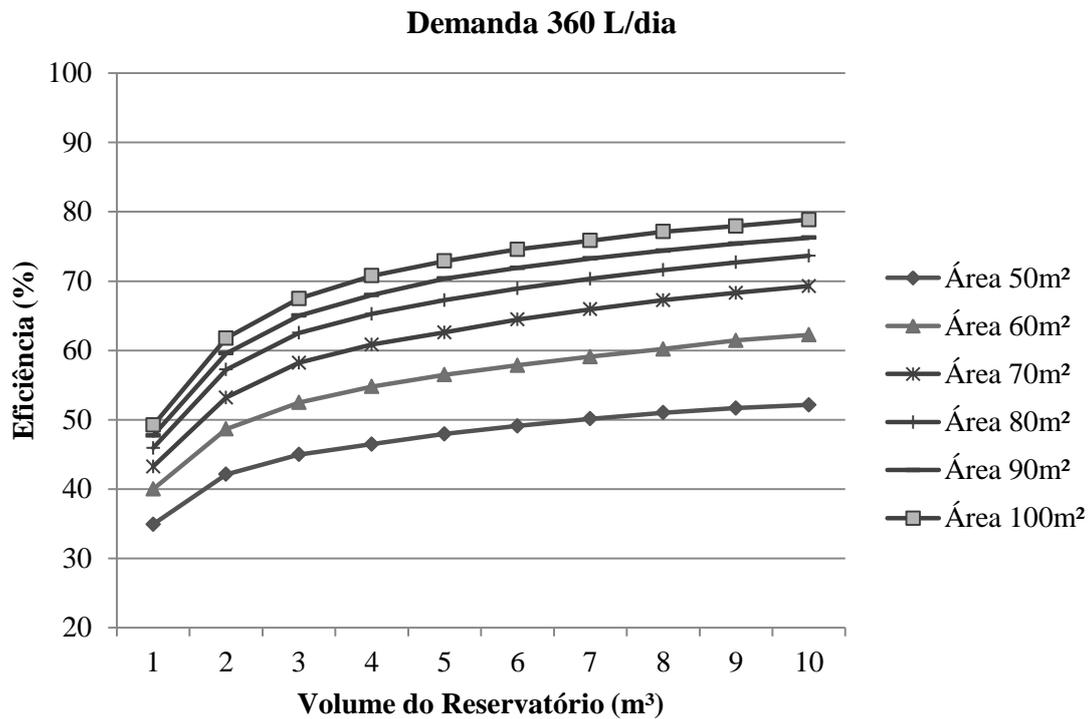


Figura 5 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Alta Floresta do Oeste, estação de código 1262001.

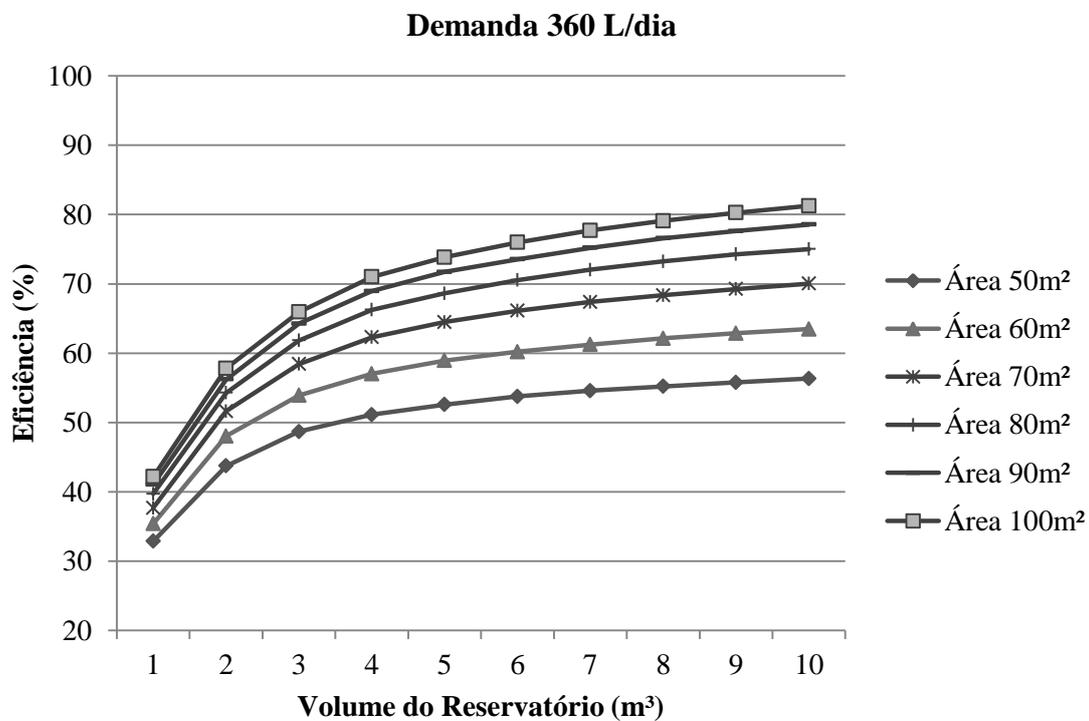


Figura 6 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Costa Marques, estação de código 1262000.

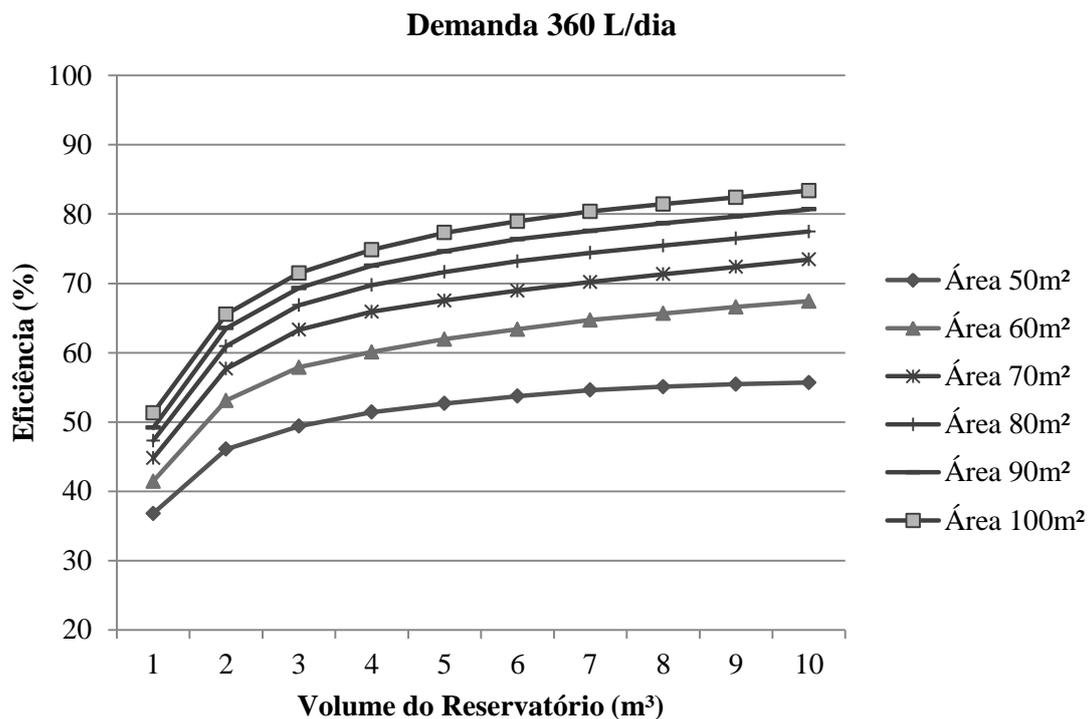


Figura 7 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Parecis, estação de código 1261001.

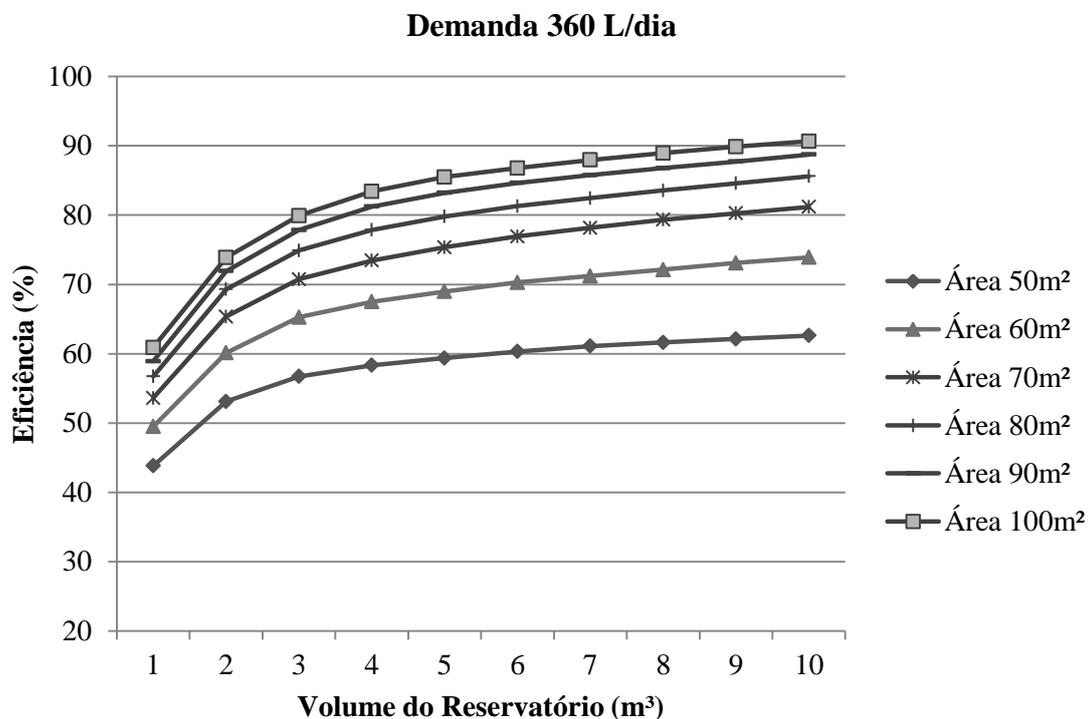


Figura 8 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Vilhena, estação de código 1260001.

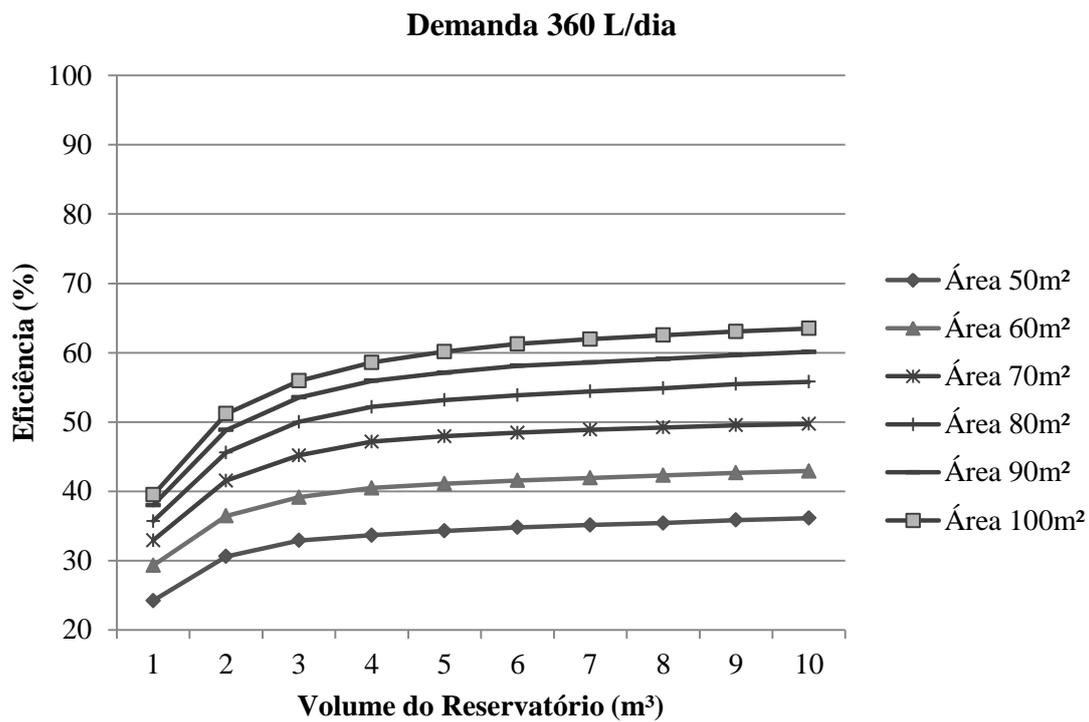


Figura 9 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Guajará-Mirim, estcao de código 1164001.

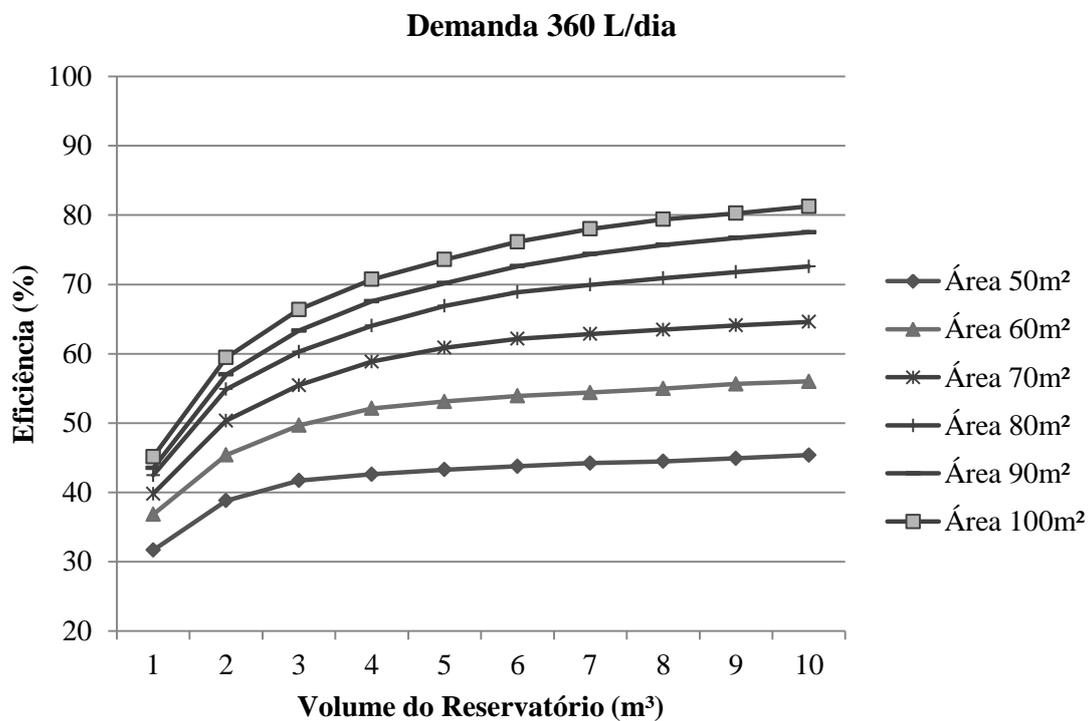


Figura10 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Guajará-Mirim, estcao de código 1164000.

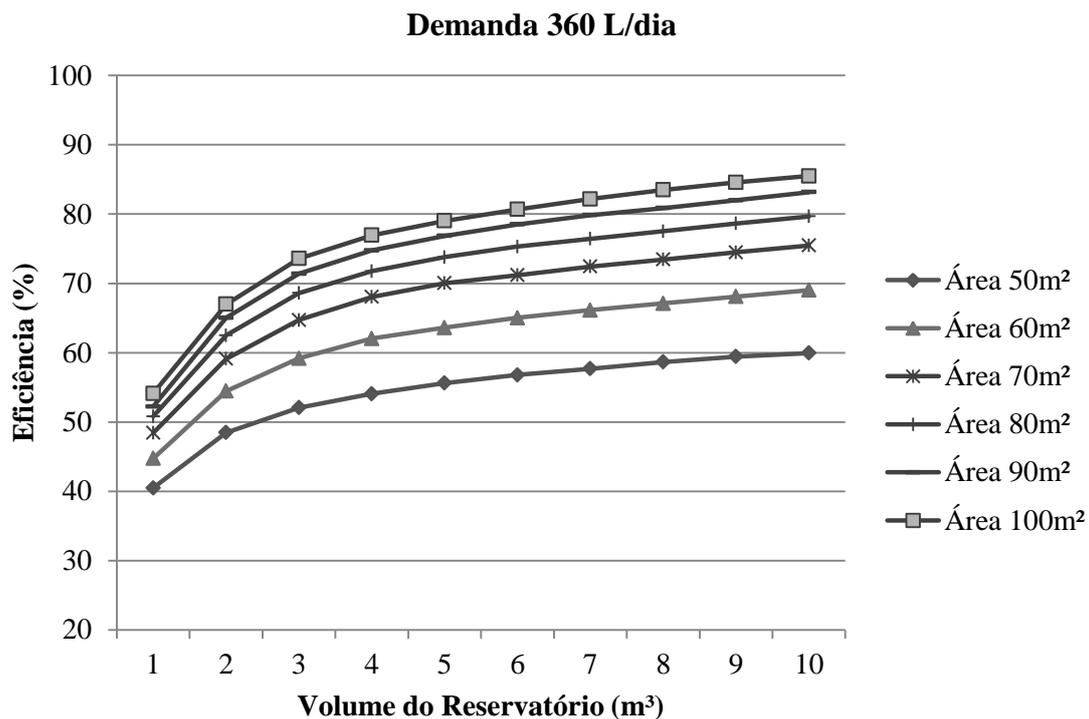


Figura 11 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ministro Andreazza, estação de código 1161003.

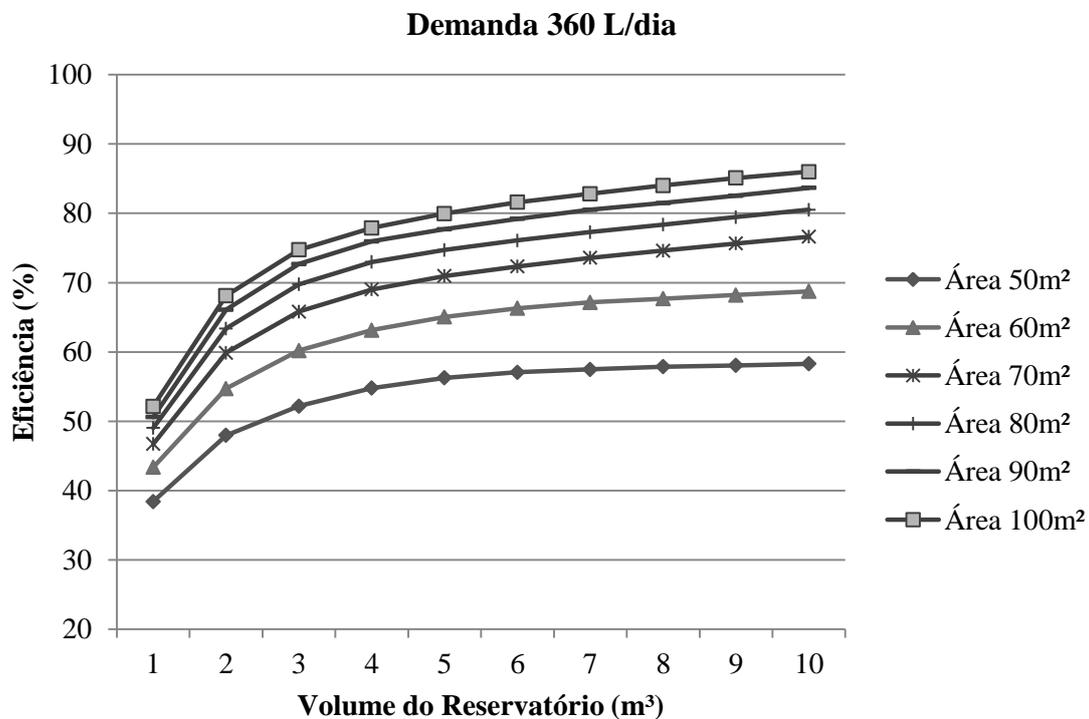


Figura 12 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Rolim de Moura, estação de código 1161002.

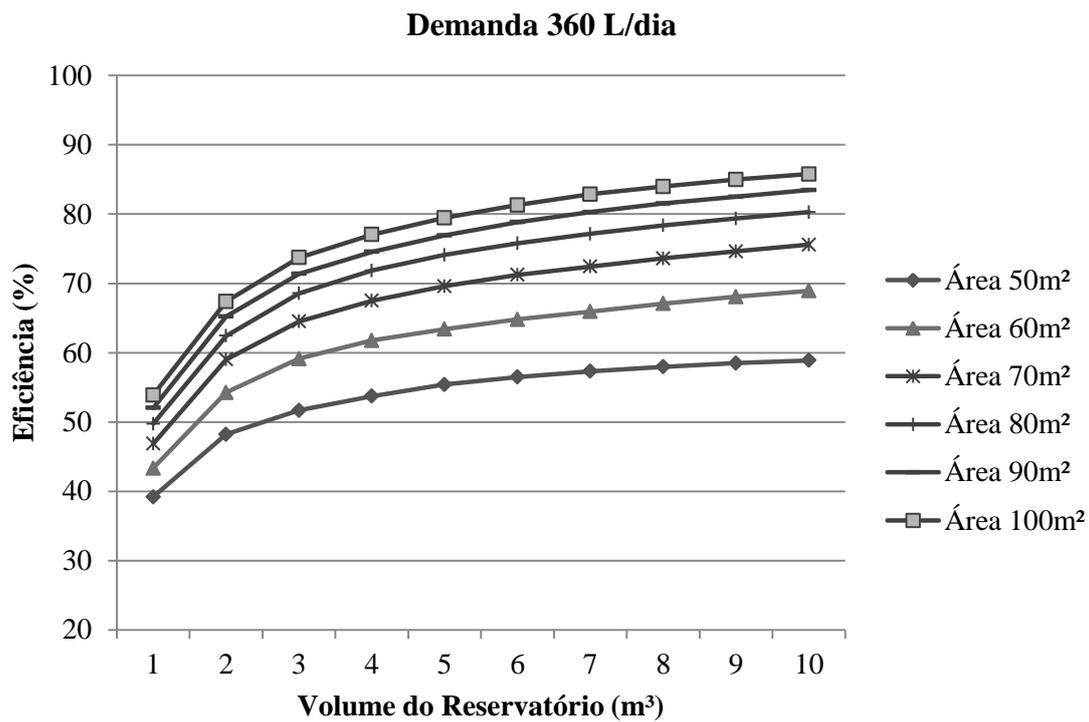


Figura 13 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Pimenta Bueno, estação de código 1161001.

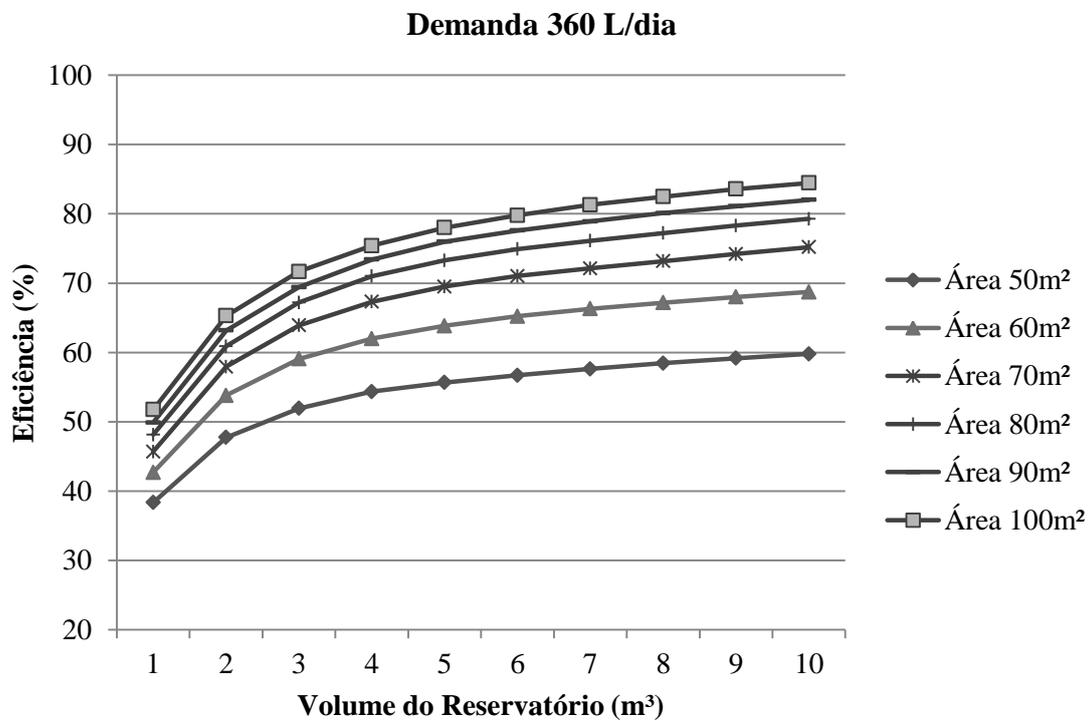


Figura 14 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Cacoal, estação de código 1161000.

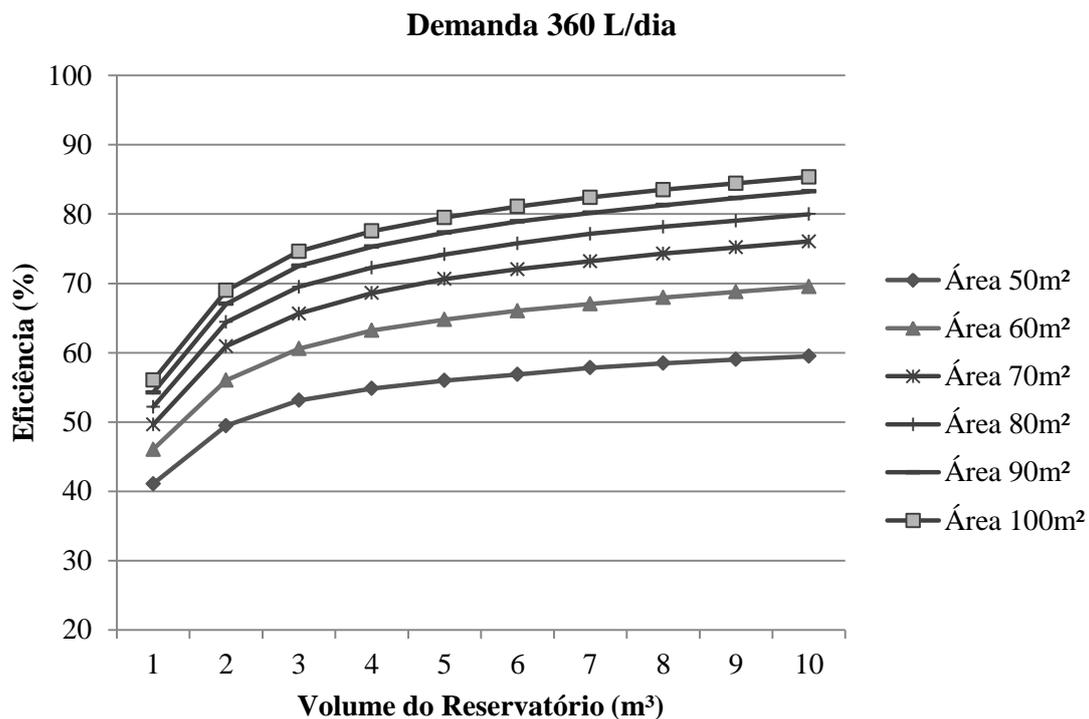


Figura 15 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Pimenta Bueno, estação de código 1160002.

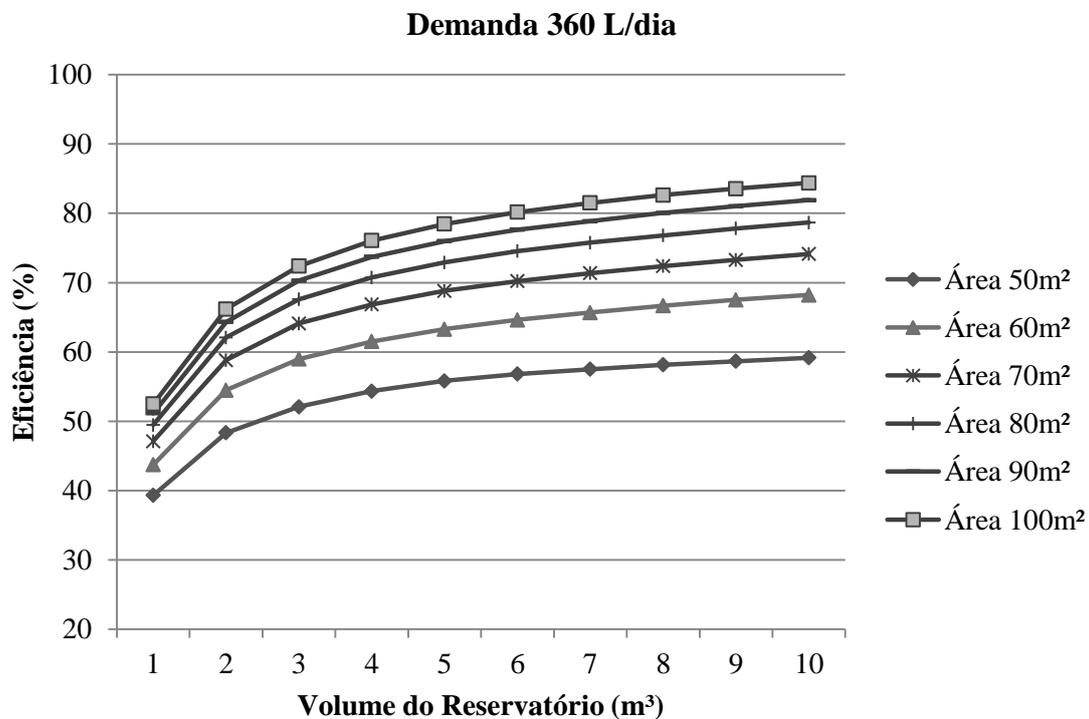


Figura 16 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Pimenta Bueno, estação de código 1160000.

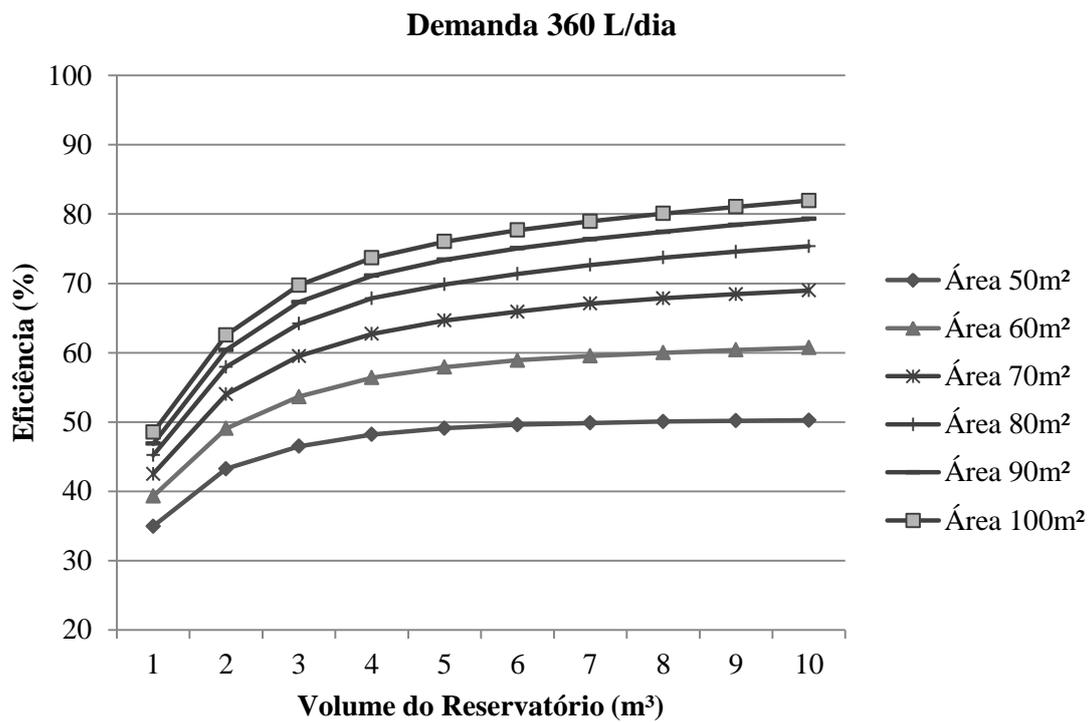


Figura 17 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Guajará-Mirim, estão de código 1065002.

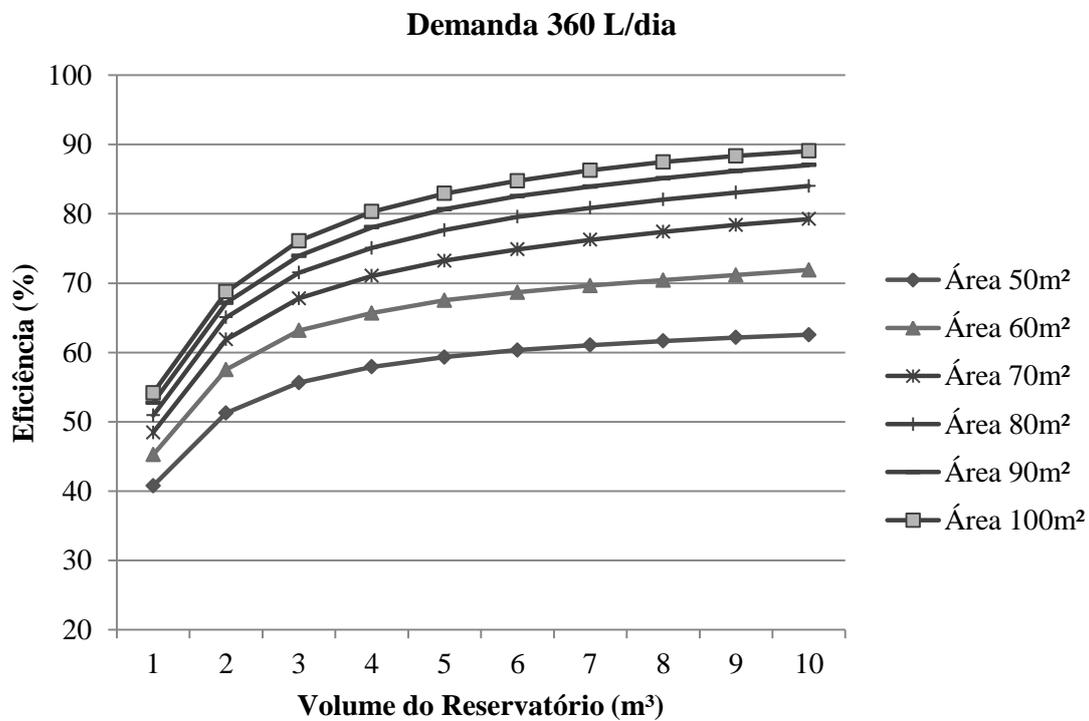


Figura 18 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estão de código 1063001.

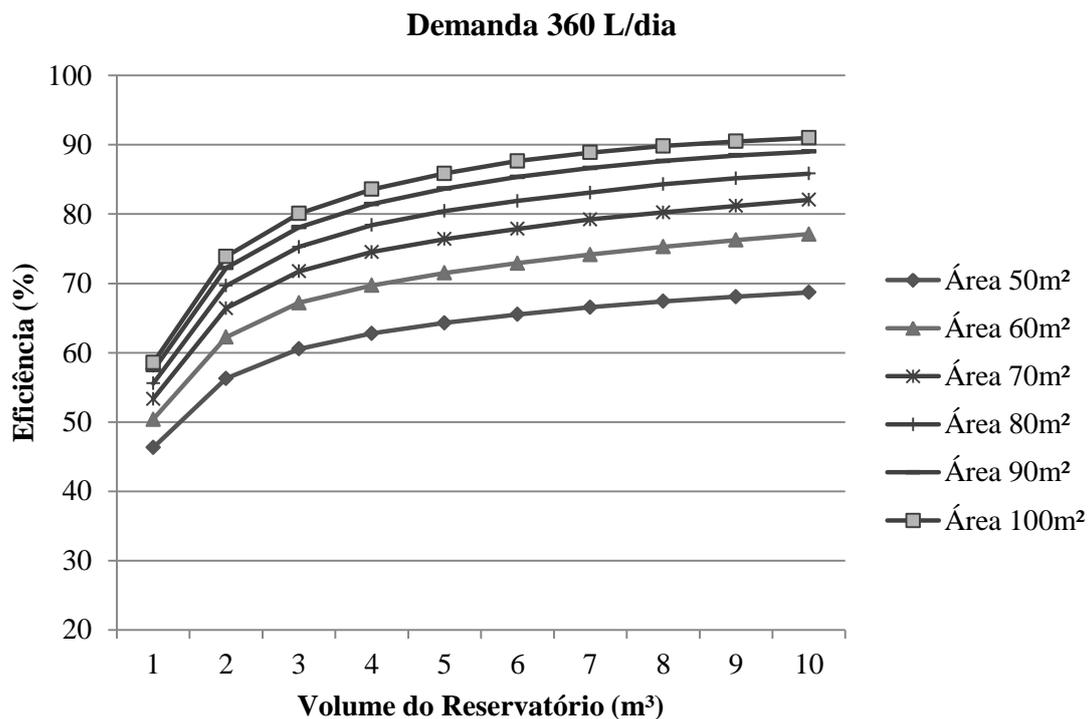


Figura 19 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 1063000.

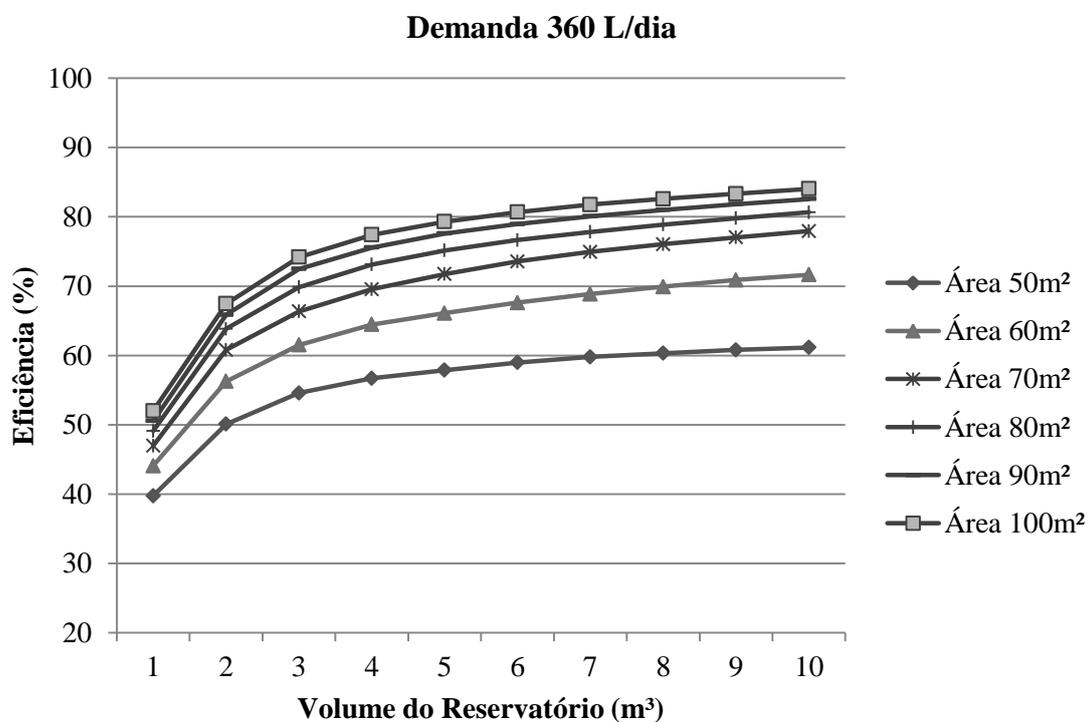


Figura 20 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Theobroma, estação de código 1062004.

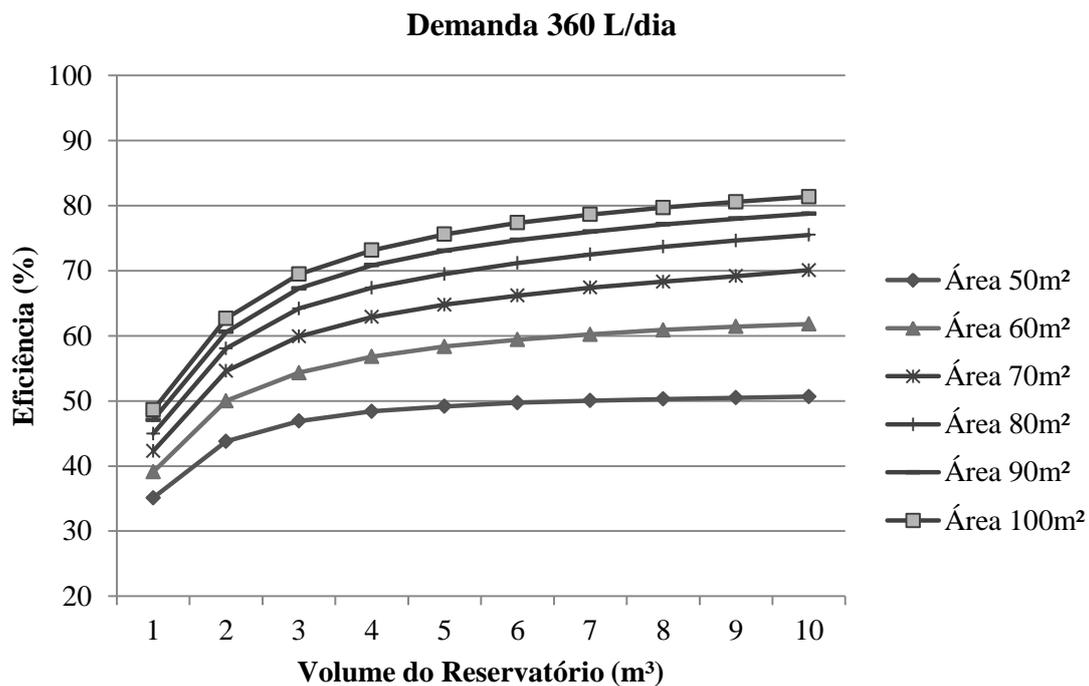


Figura 21 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Mirante da Serra, estação de código 1062003.

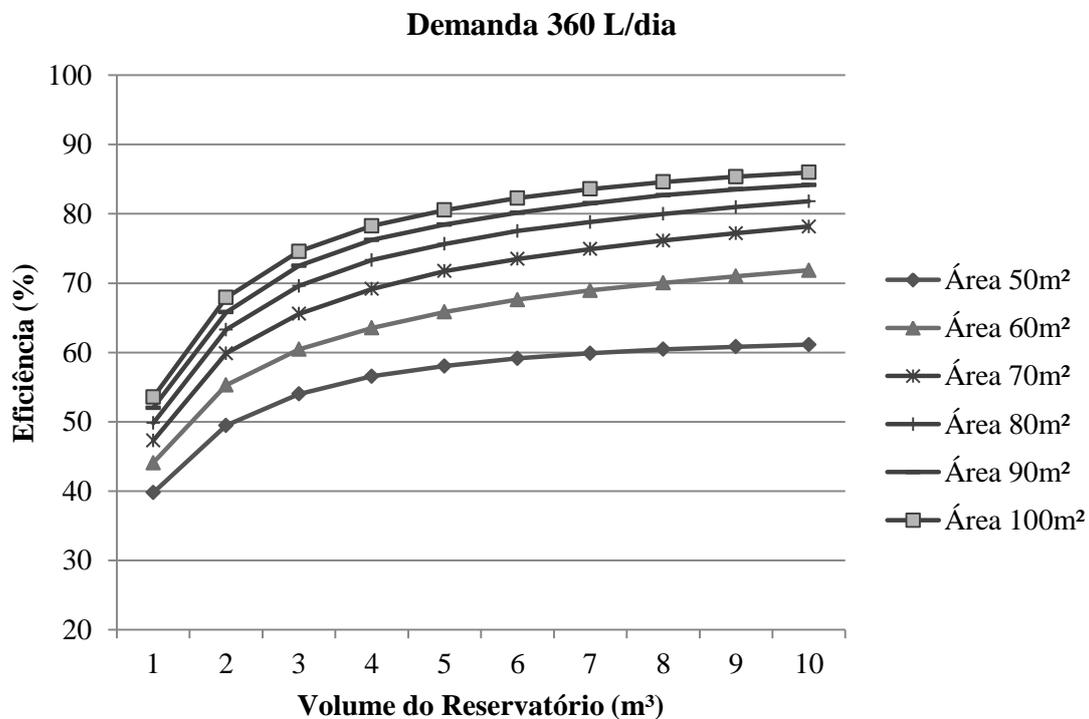


Figura 22 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Jarú, estação de código 1062002.

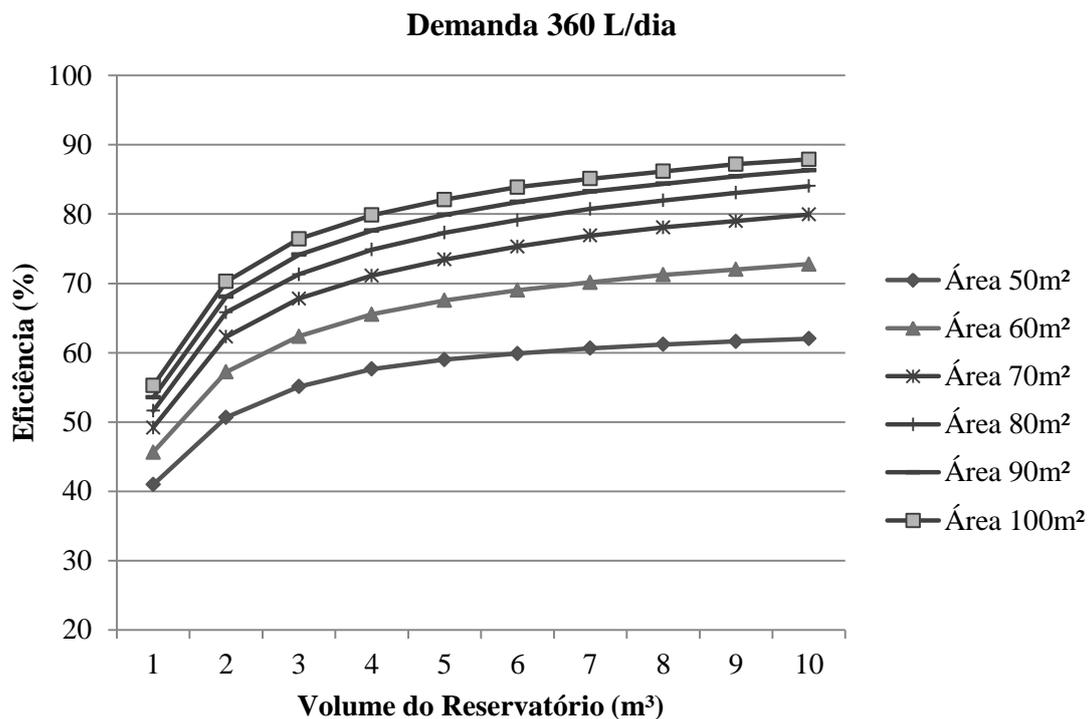


Figura 23 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Jarú, estação de código 1062001.

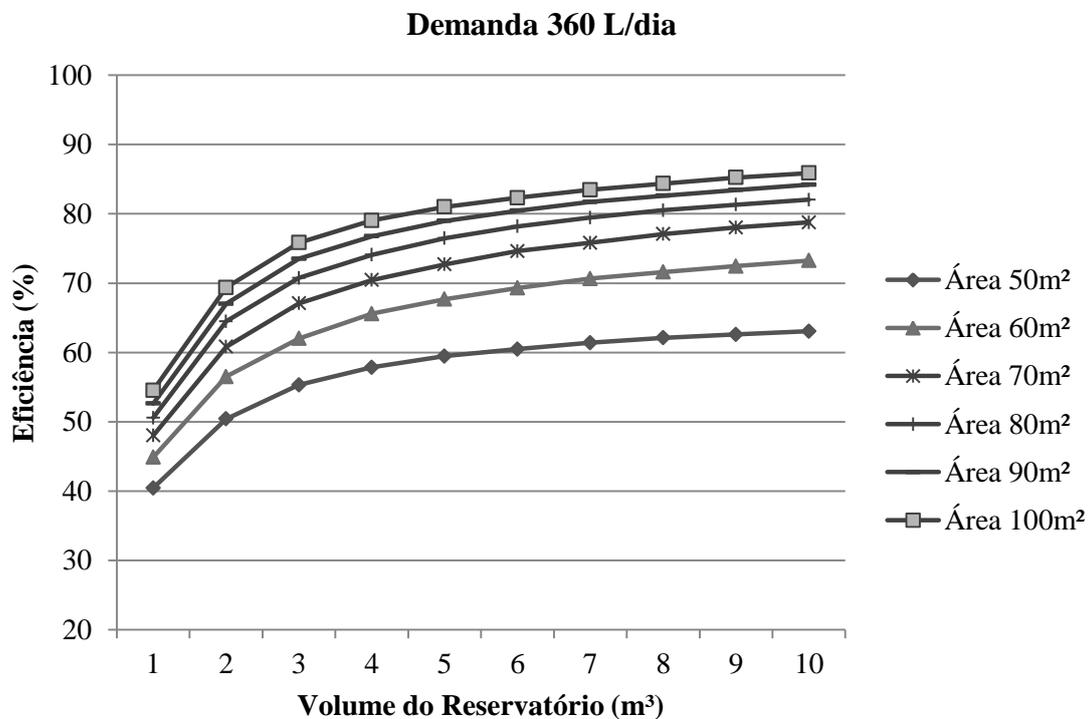


Figura 24 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ouro Preto do Oeste, estação de código 1061003.

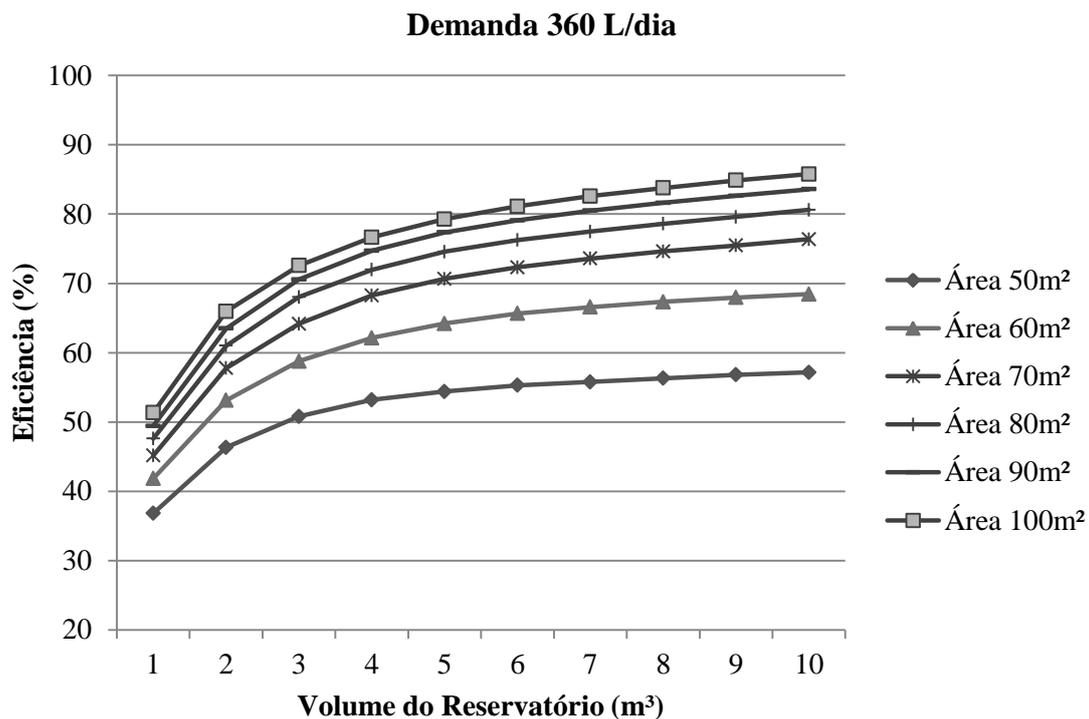


Figura 25 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ji-Paraná, estação de código 1061001.

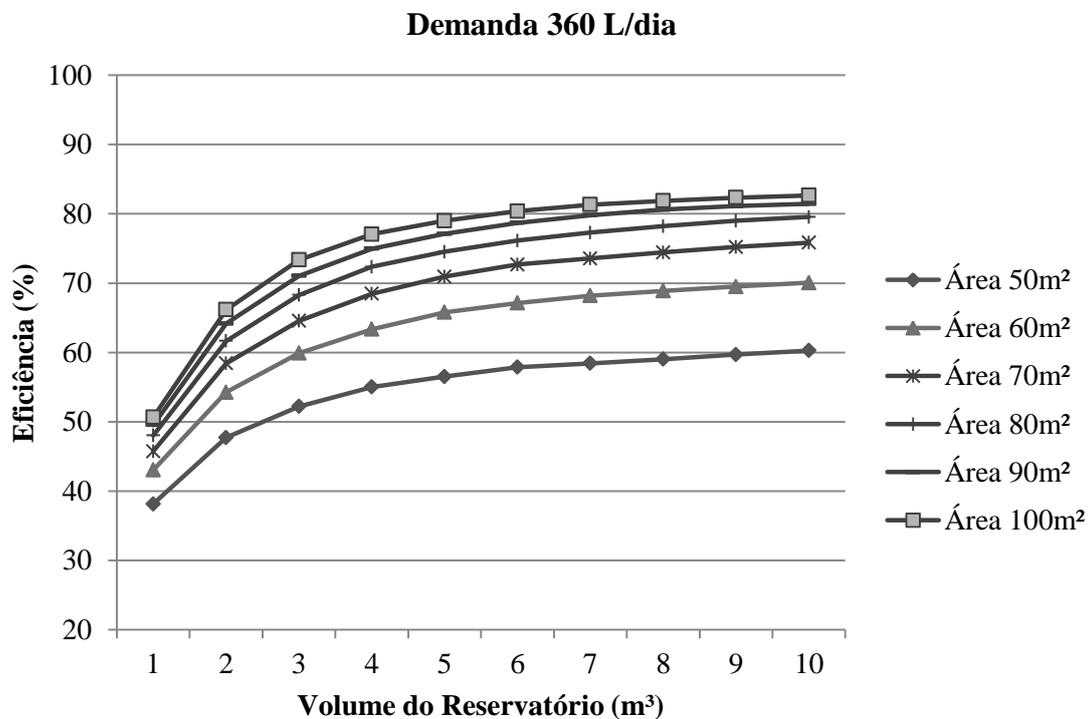


Figura 26 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 966001.

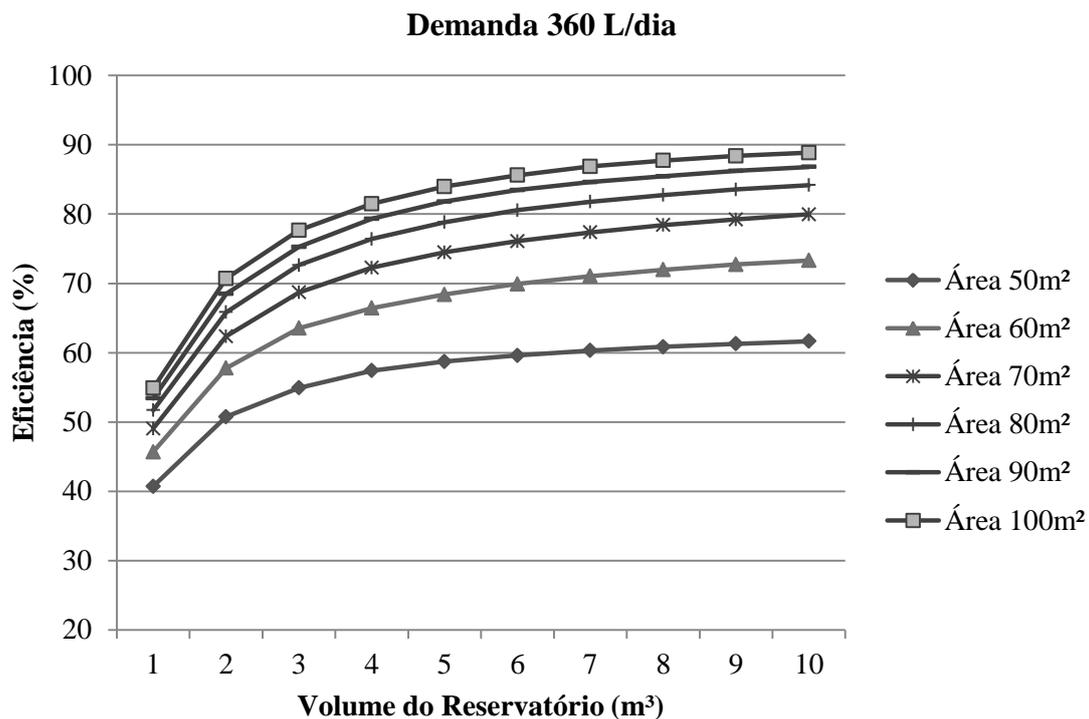


Figura 27 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 966000.

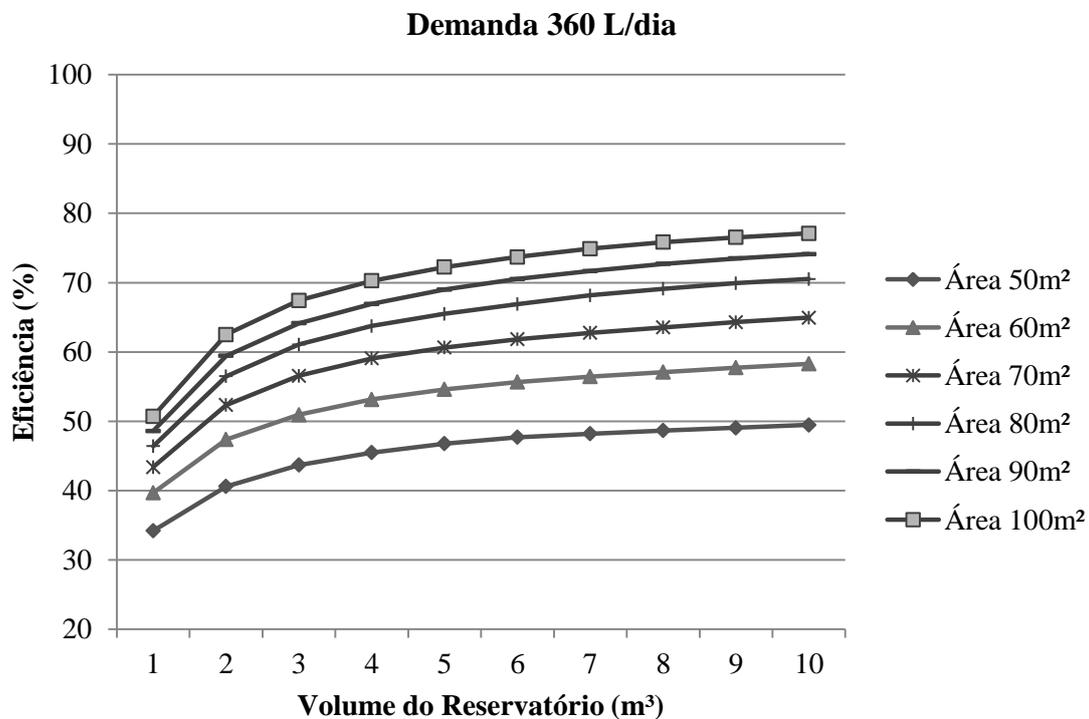


Figura 28 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 965001.

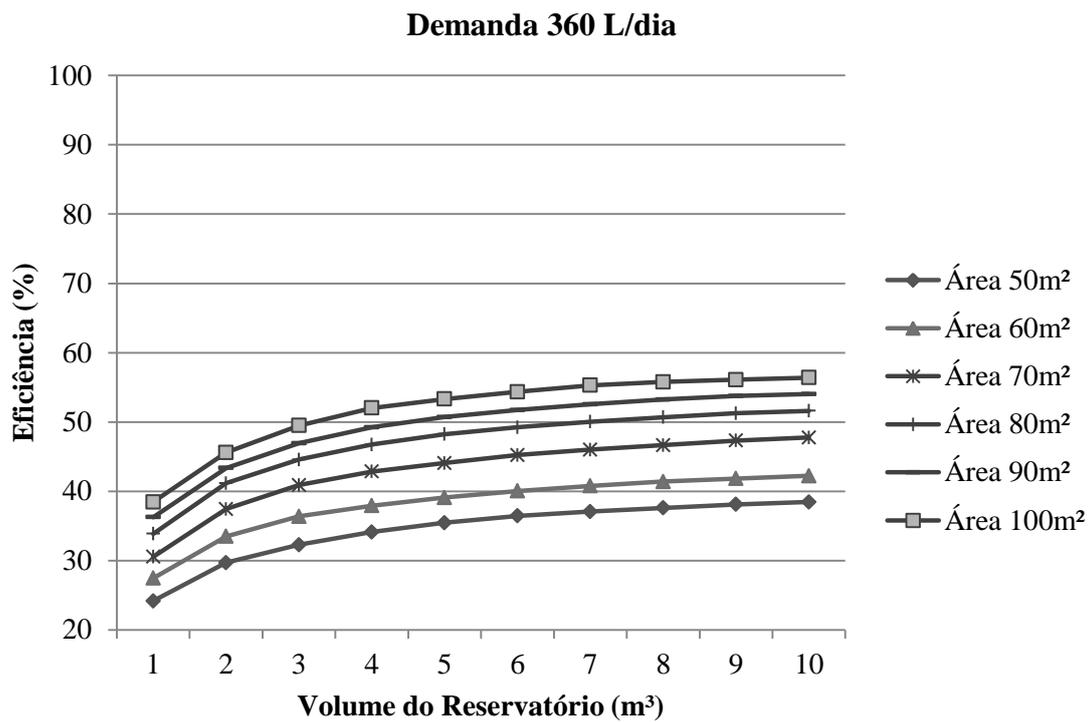


Figura 29 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 964001.

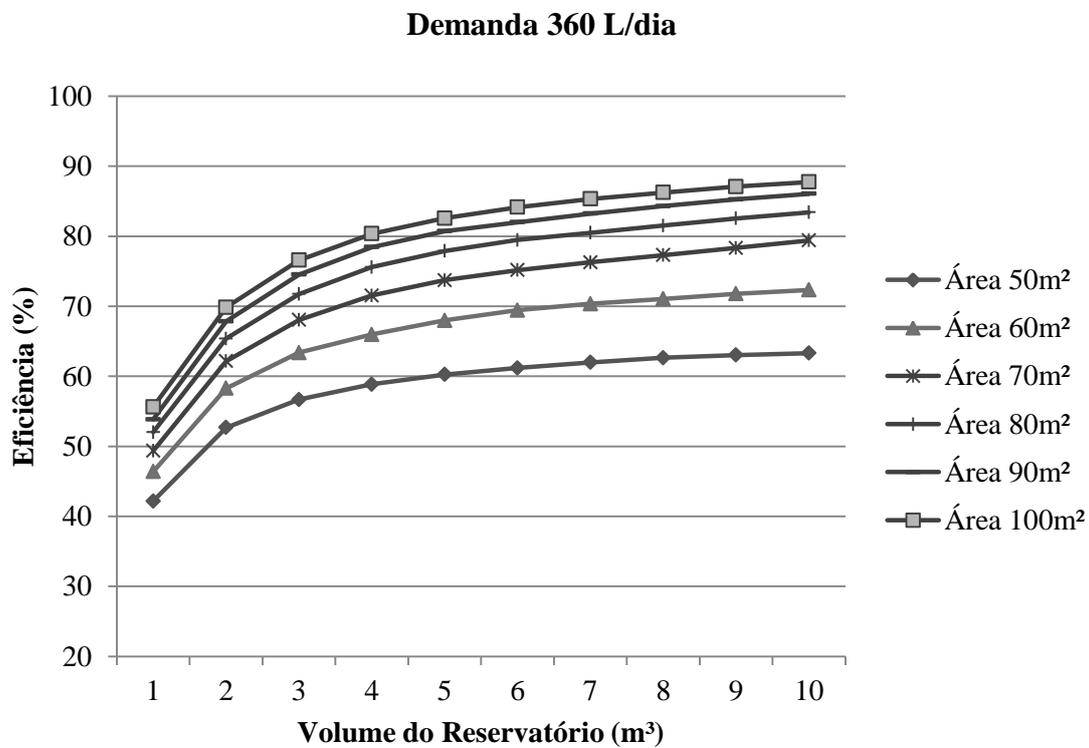


Figura 30 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 963009.

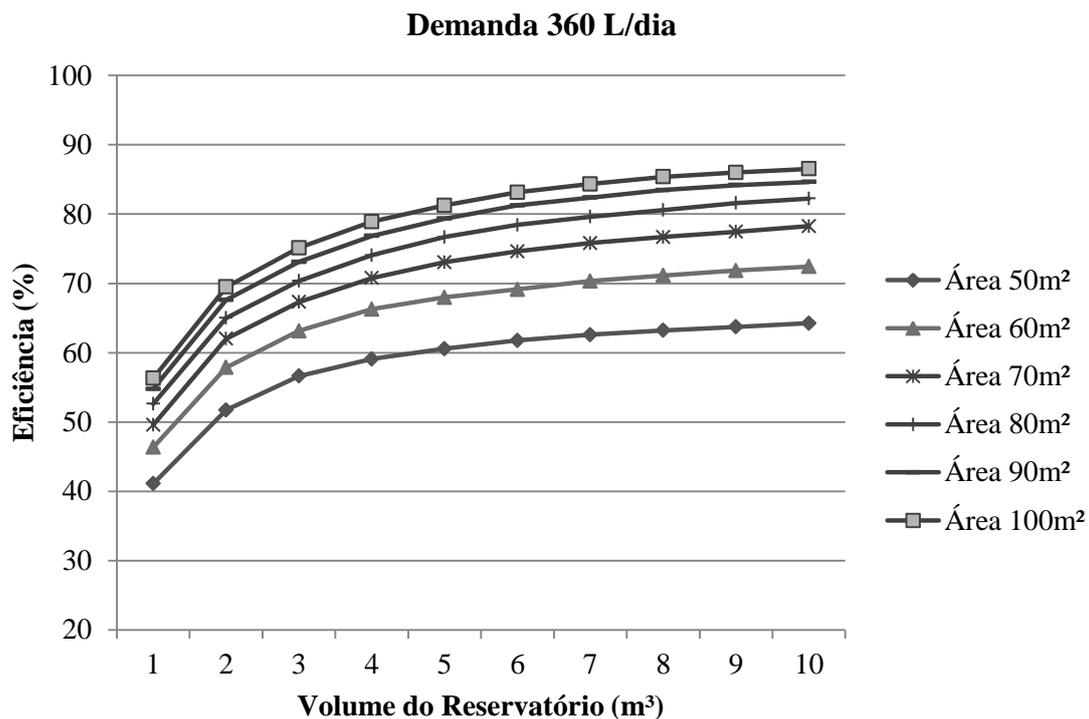


Figura 31 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 963006.

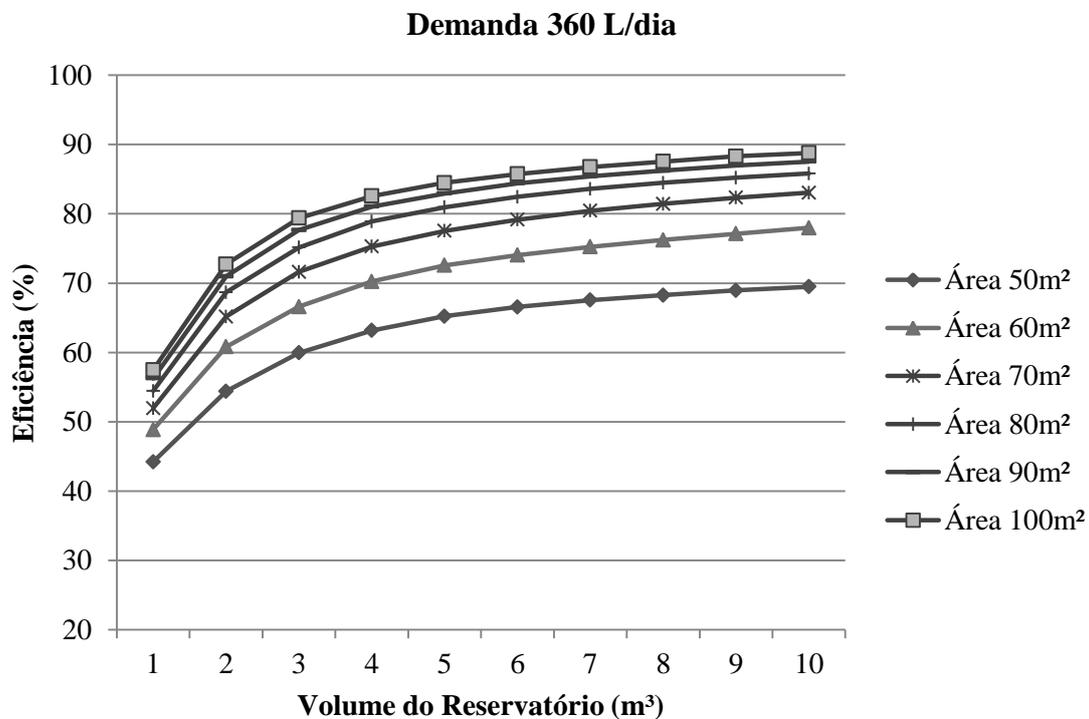


Figura 32 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 963004.

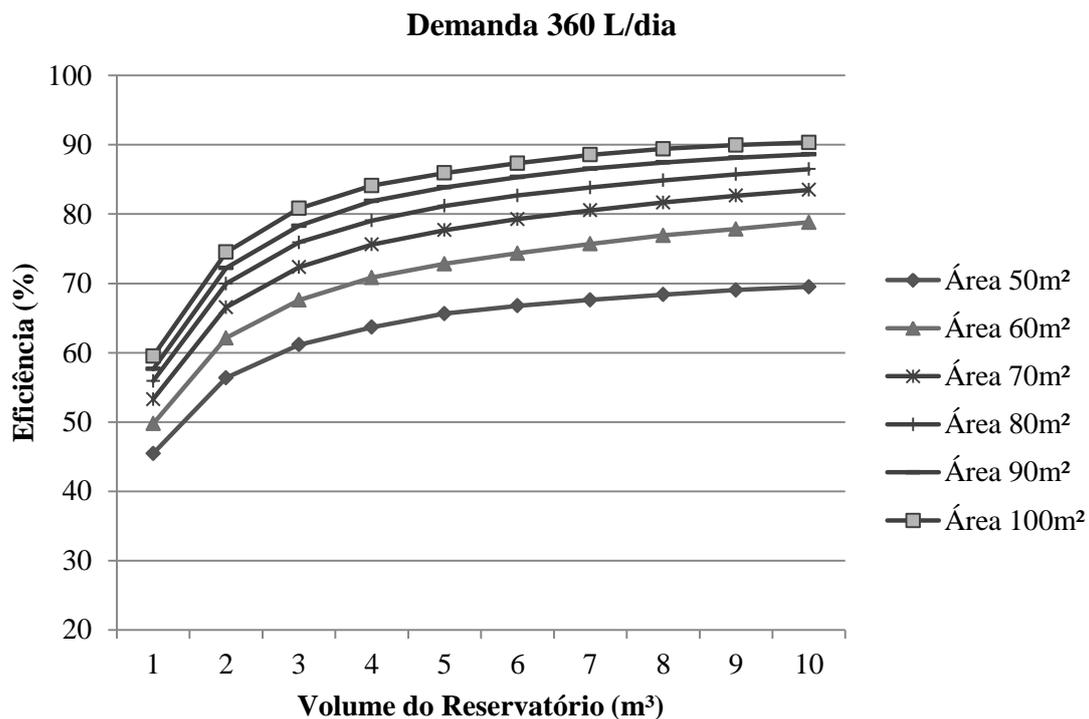


Figura 33 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 963001.

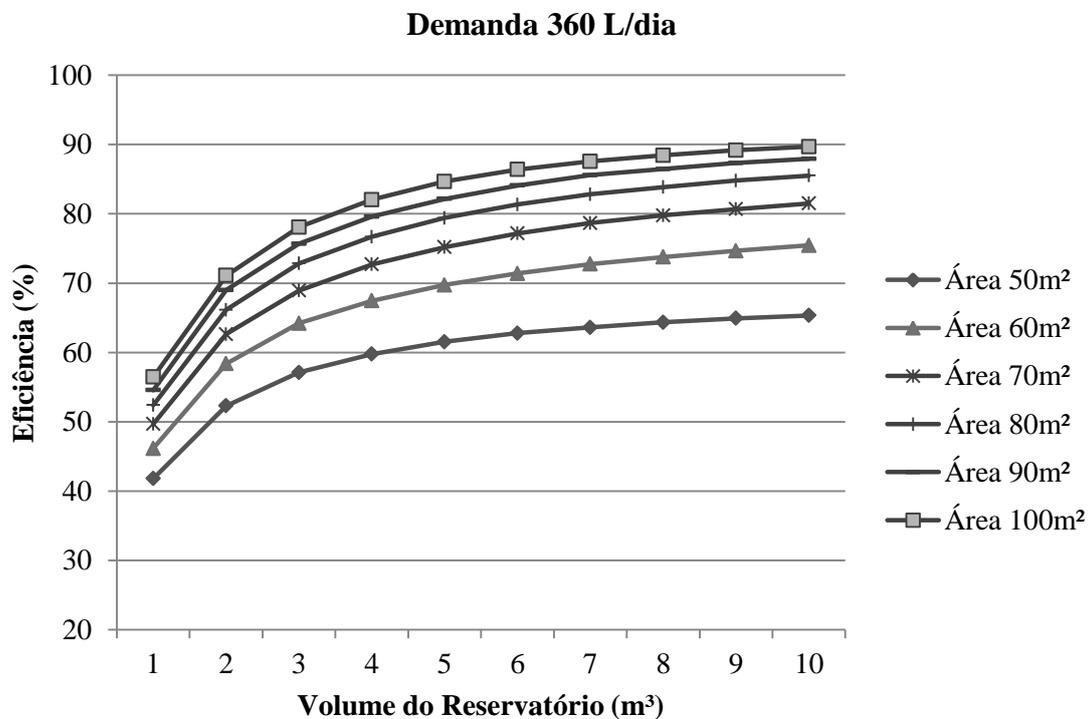


Figura 34 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 963000.

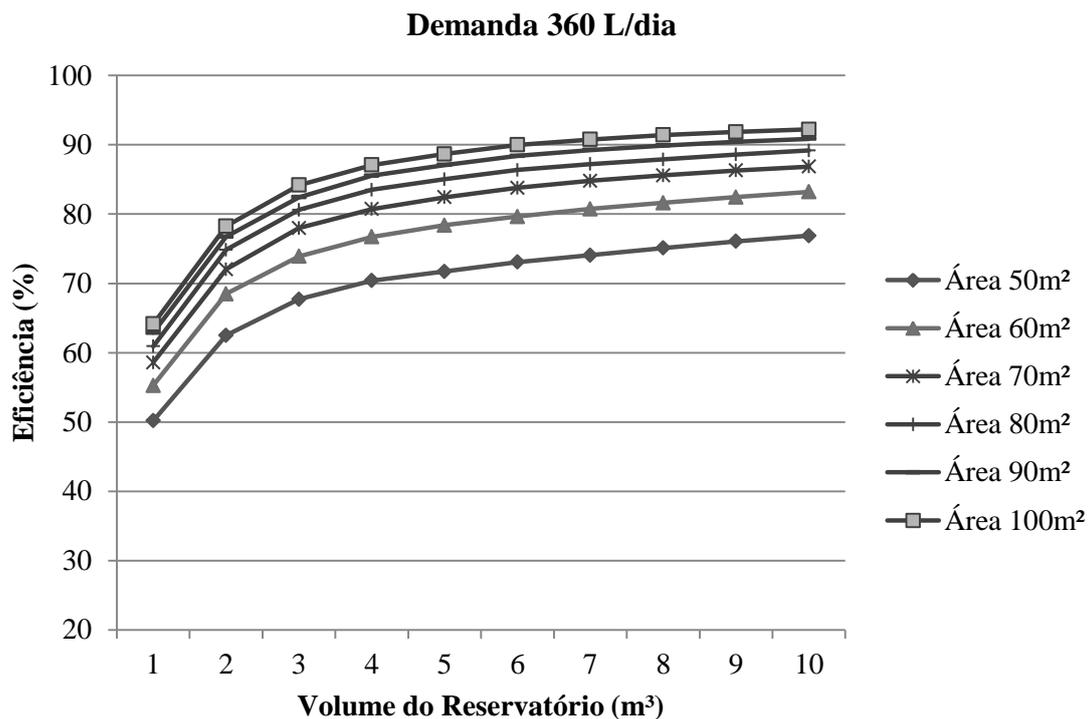


Figura 35 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 962001.

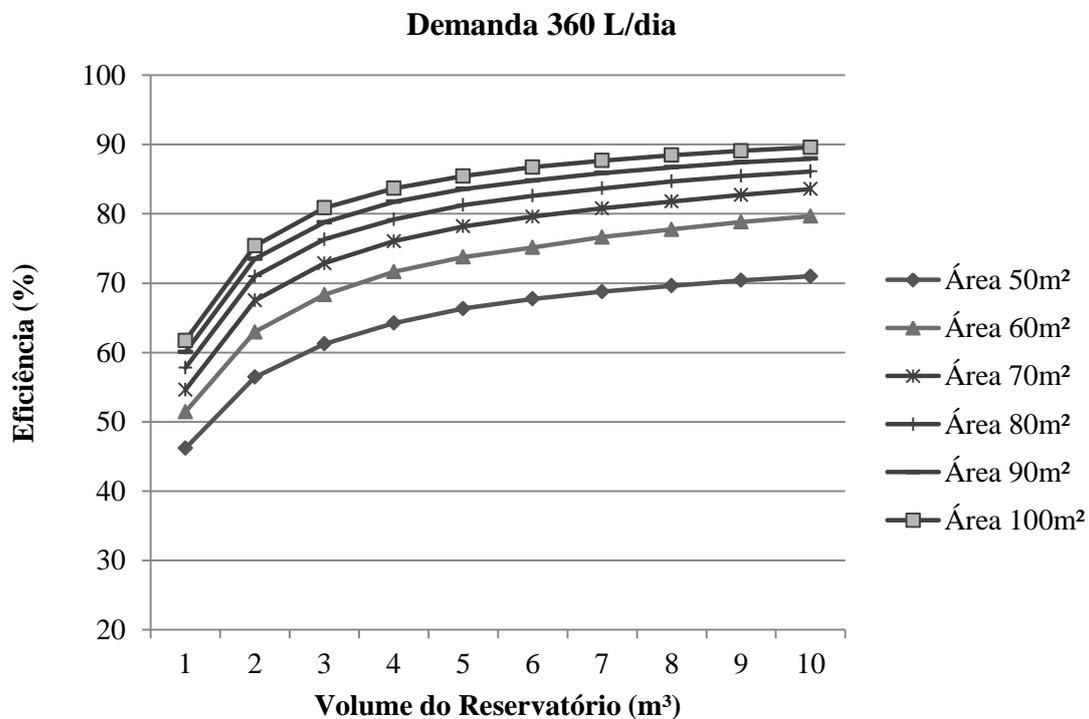


Figura 36 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Machadinho do Oeste, estação de código 962000.

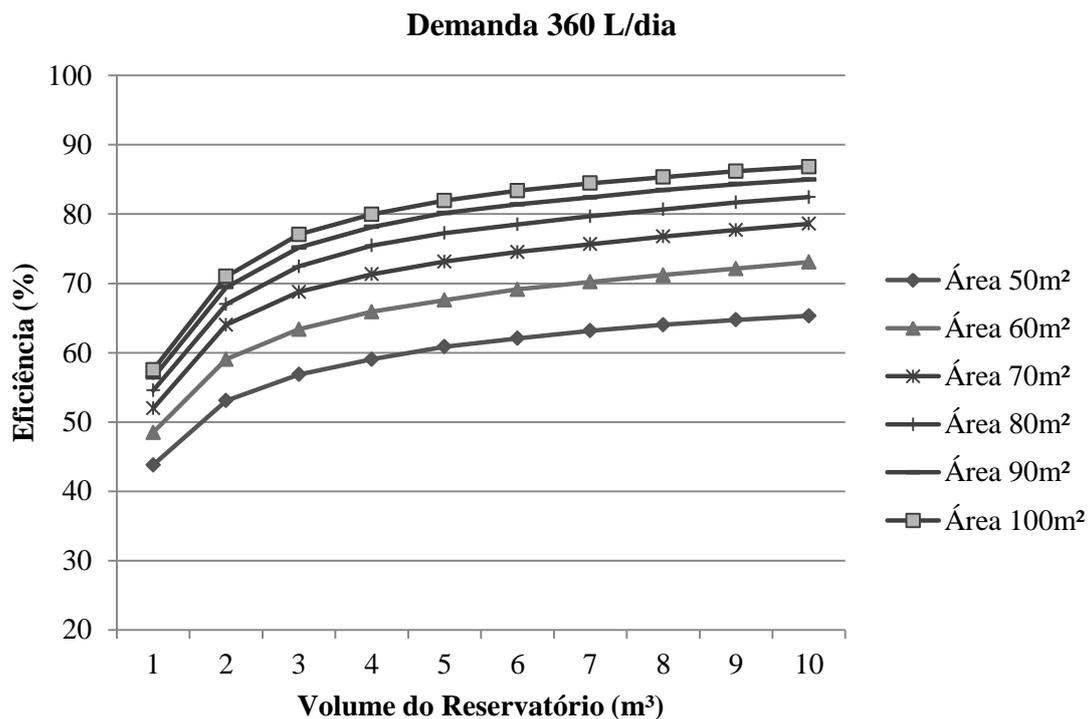


Figura 37 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Machadinho do Oeste, estação de código 961003.

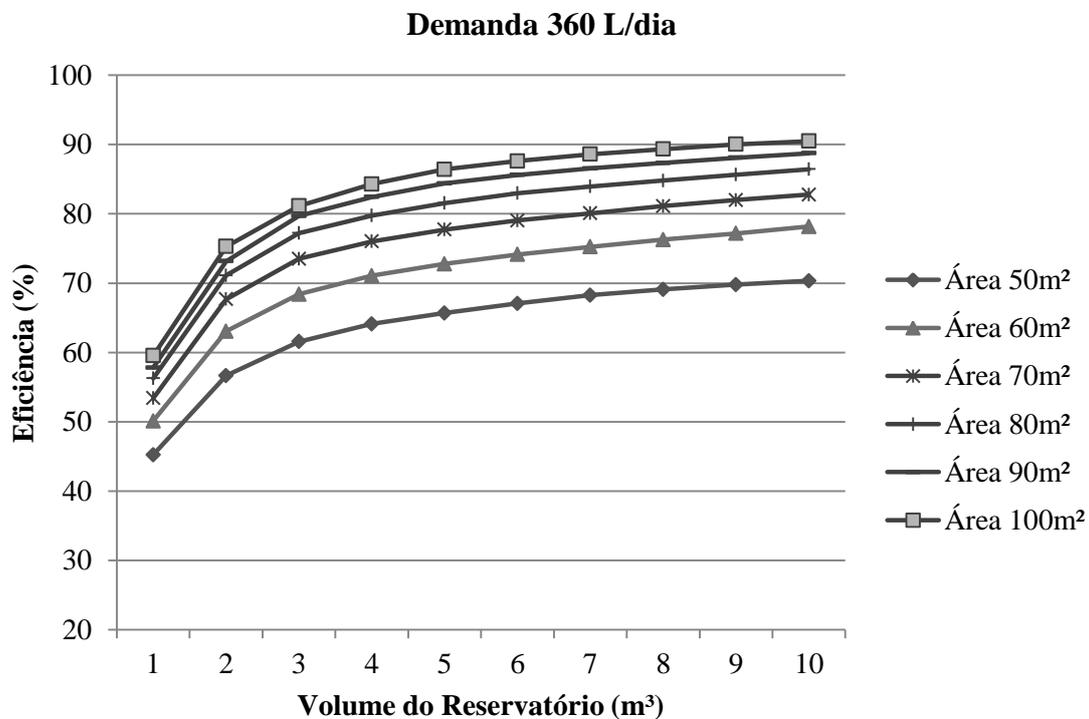


Figura 38 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Candeias do Jamari, estação de código 863003.

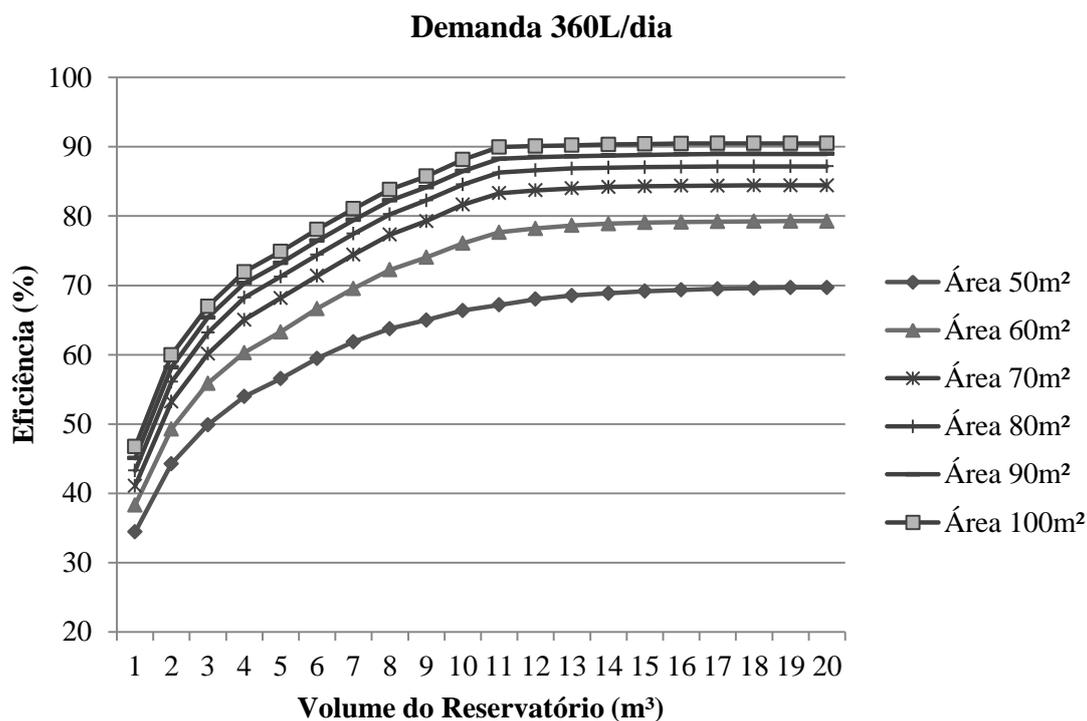


Figura 39 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 863000.

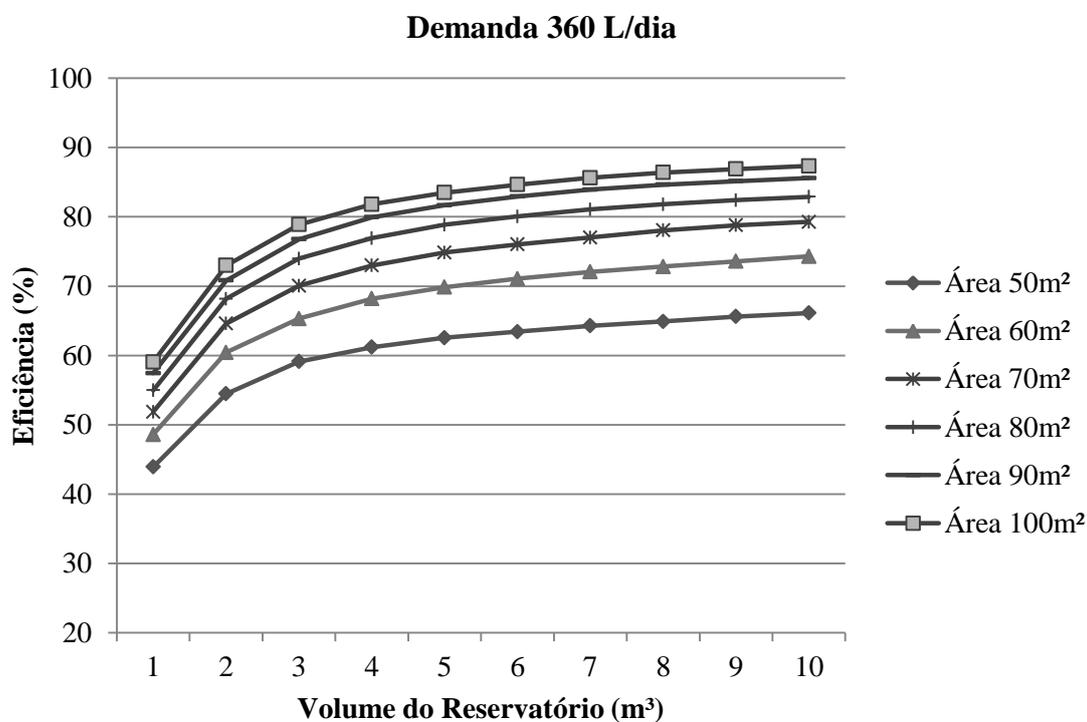


Figura 40 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Machadinho do Oeste, estação de código 862000.

APÊNDICE B

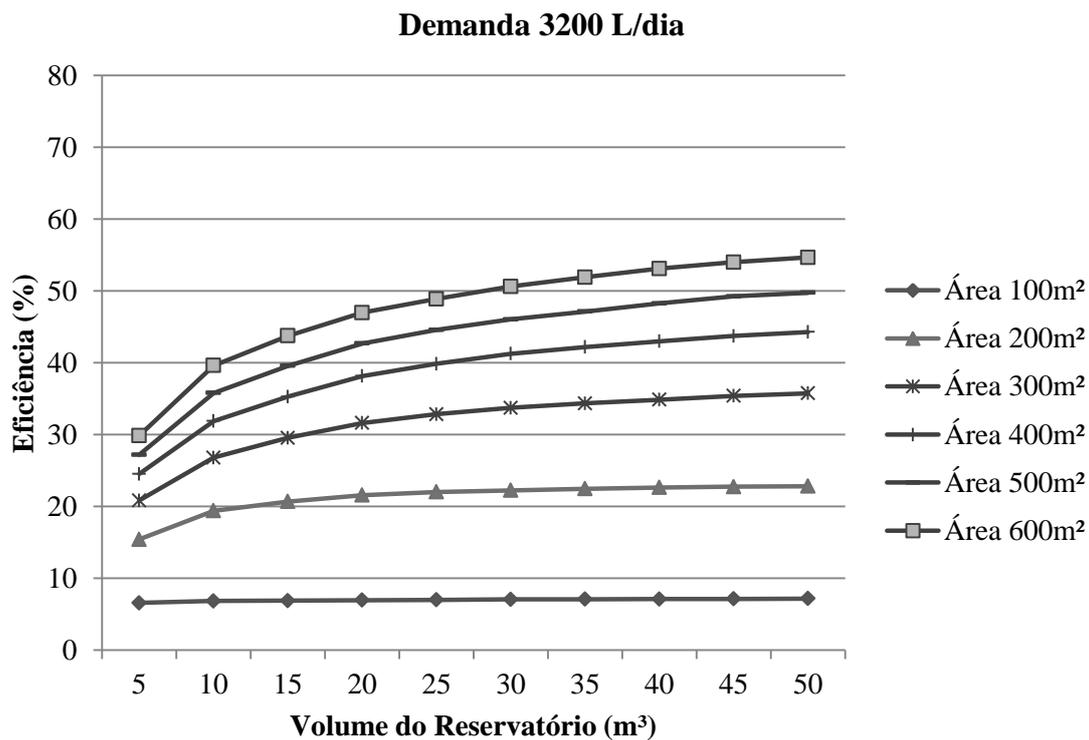


Figura 1 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Pimenteiras do Oeste, estação de código 1360002.

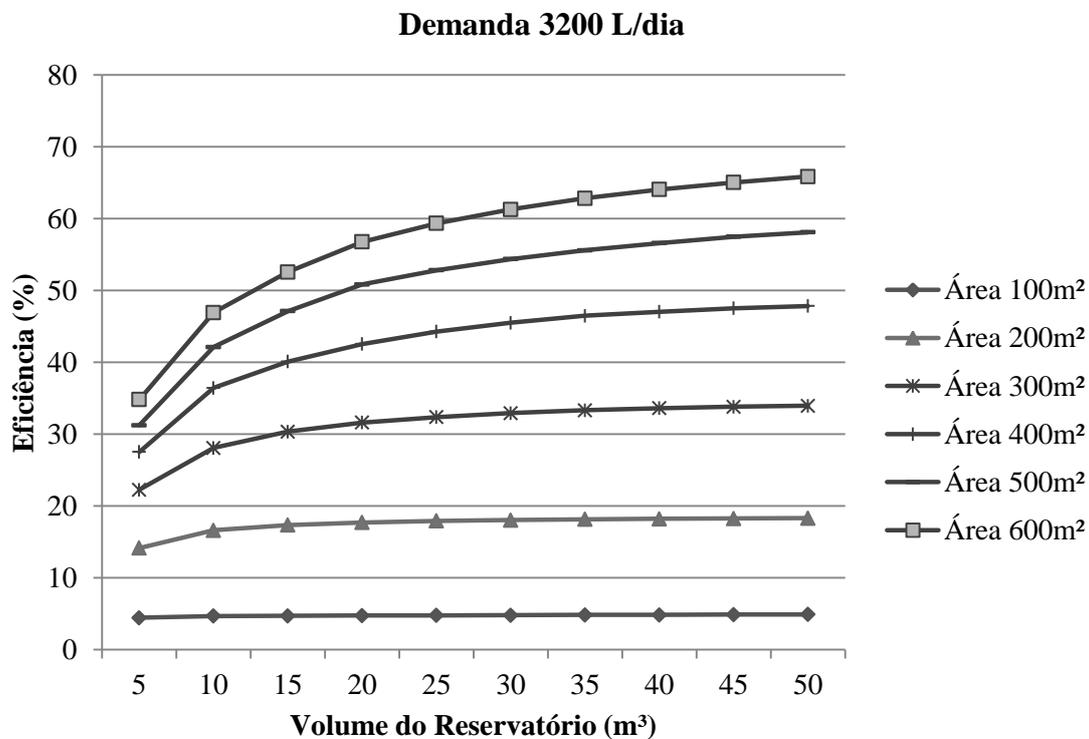


Figura 2 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Cerejeiras, estação de código 1360001.

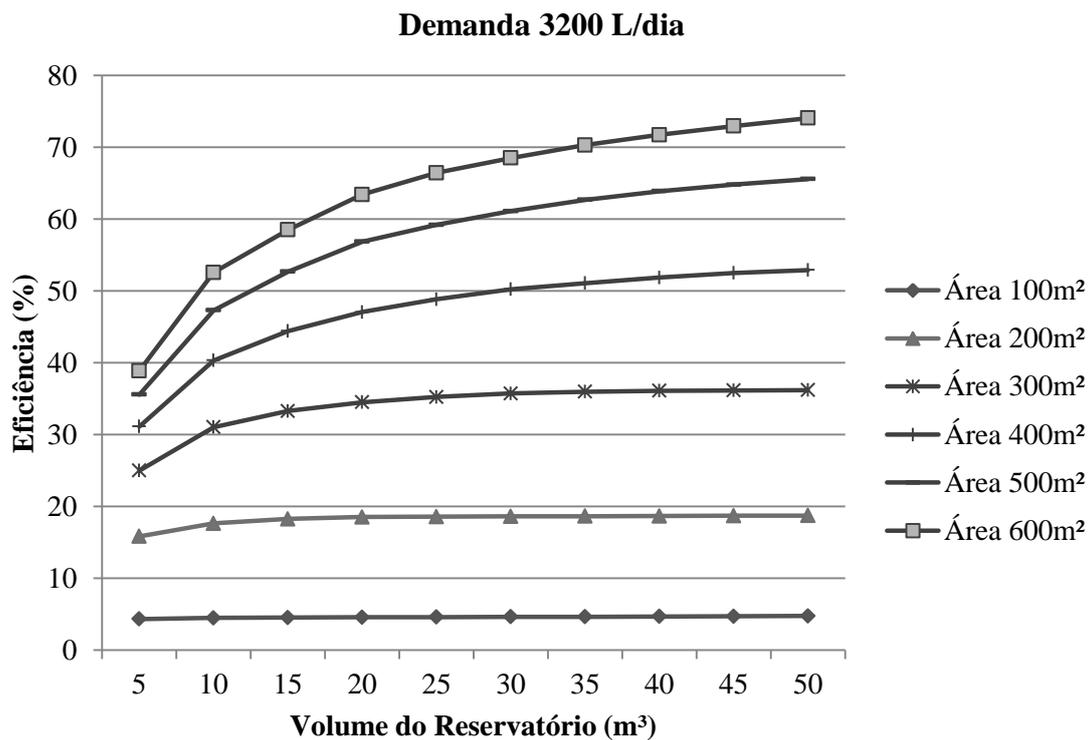


Figura 3 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Colorado do Oeste, estação de código 1360000.

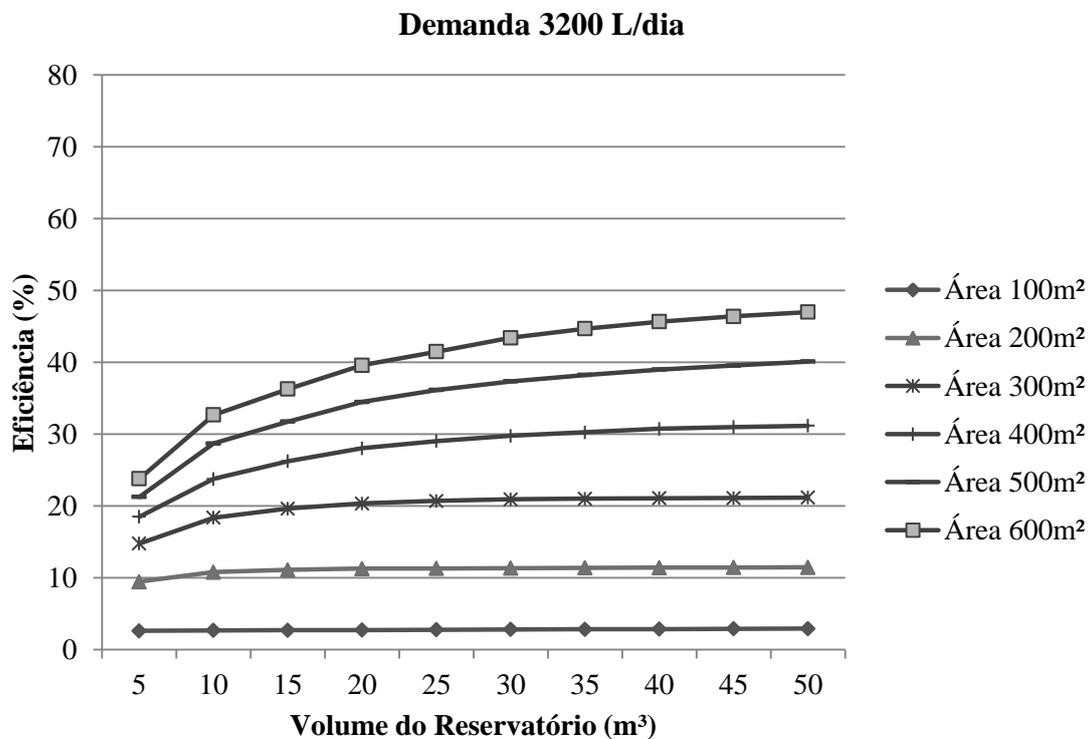


Figura 4 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Costa Marques, estação de código 1264000.

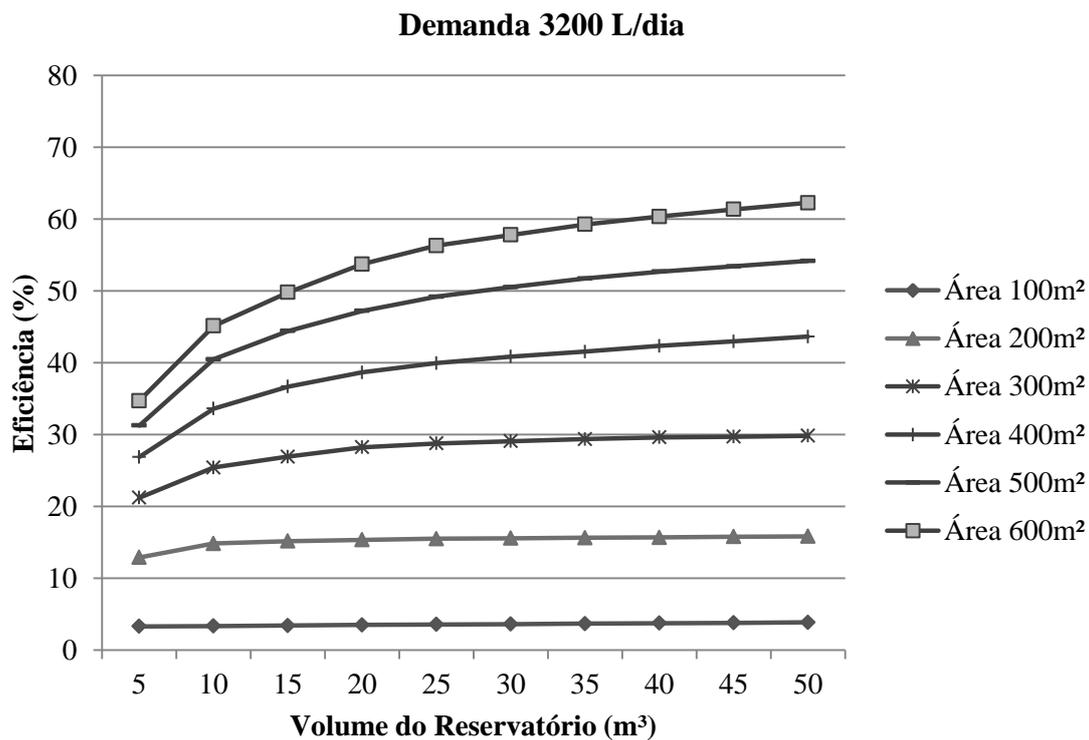


Figura 5 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Alta Floresta do Oeste, estação de código 1262001.

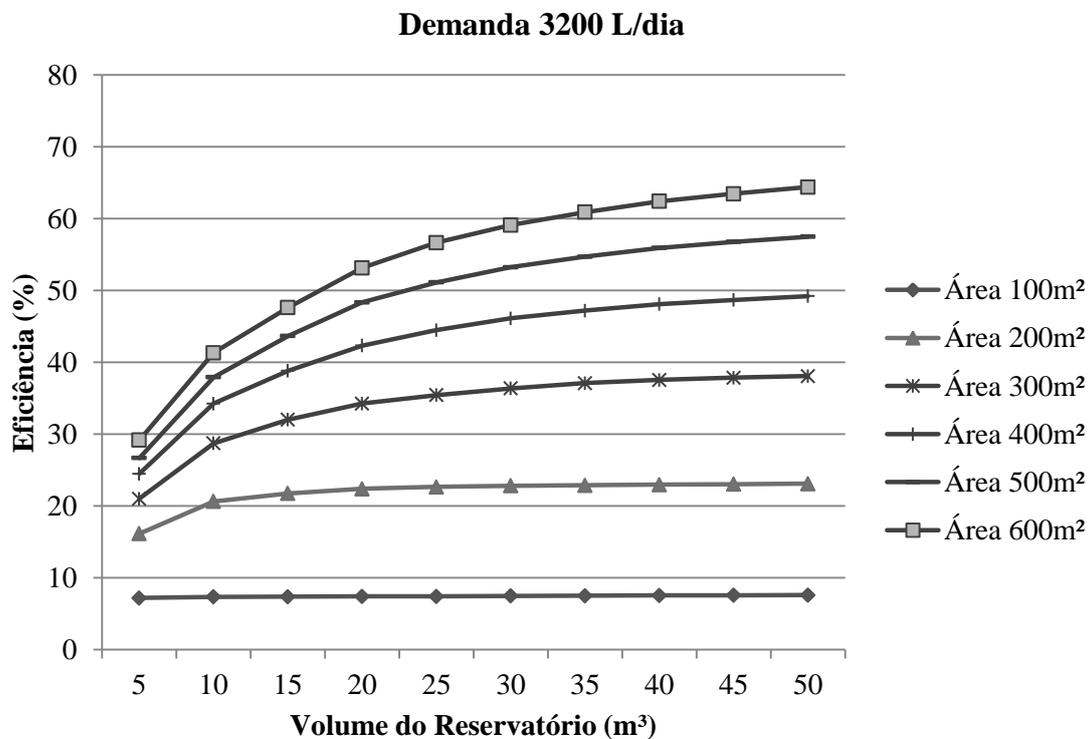


Figura 6 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Costa Marques, estação de código 1262000.

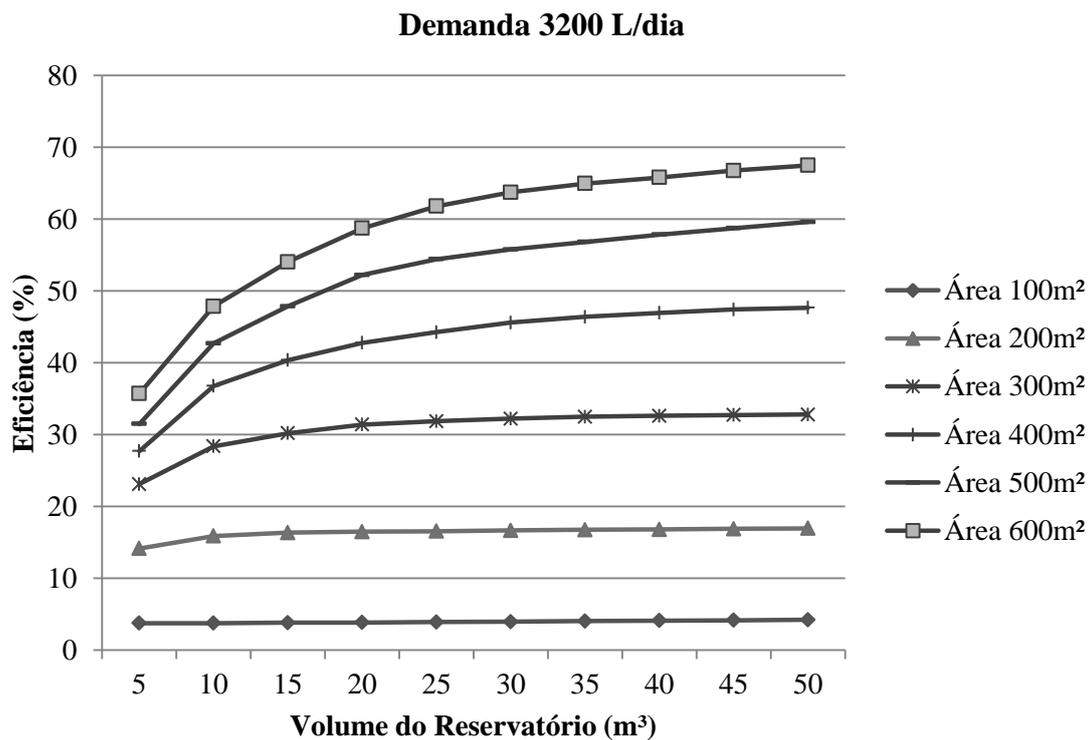


Figura 7 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Parecis, estação de código 1261001.

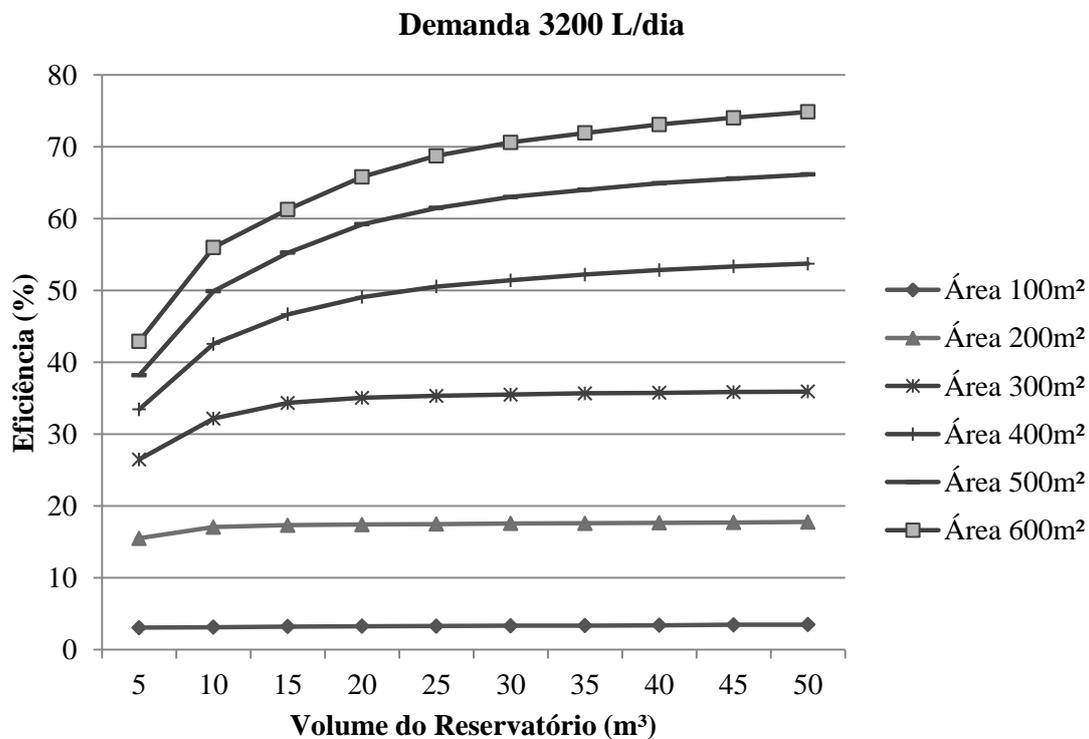


Figura 8 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Vilhena, estação de código 1260001.

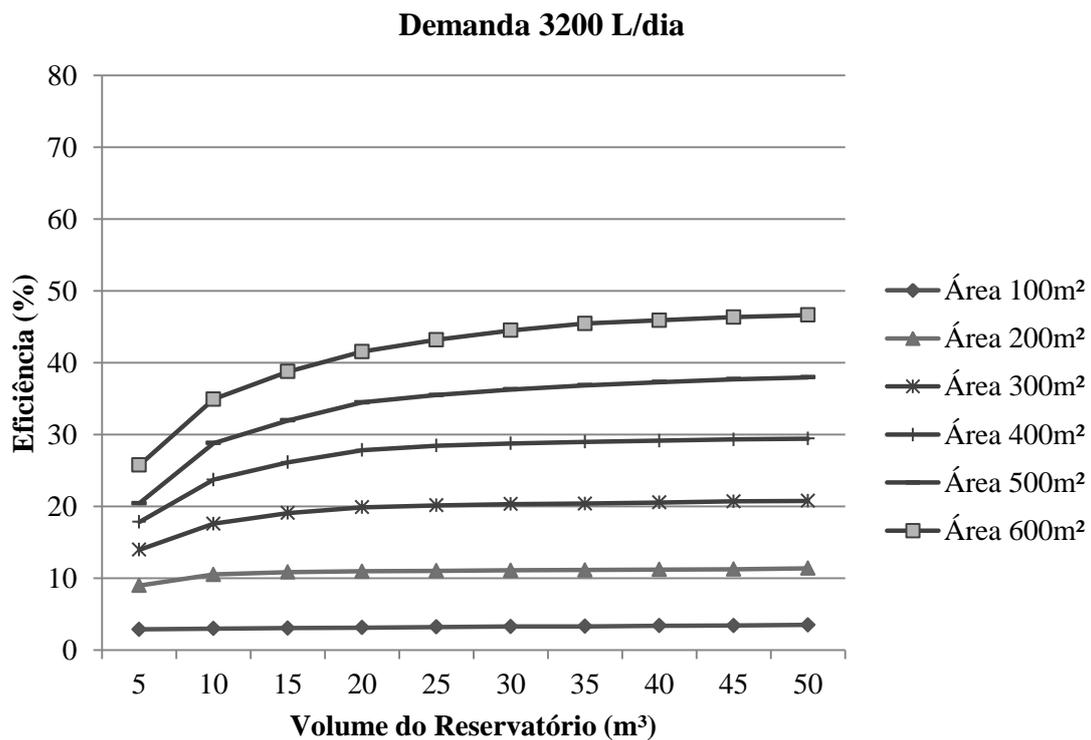


Figura 9 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Guajará-Mirim, estação de código 1164001.

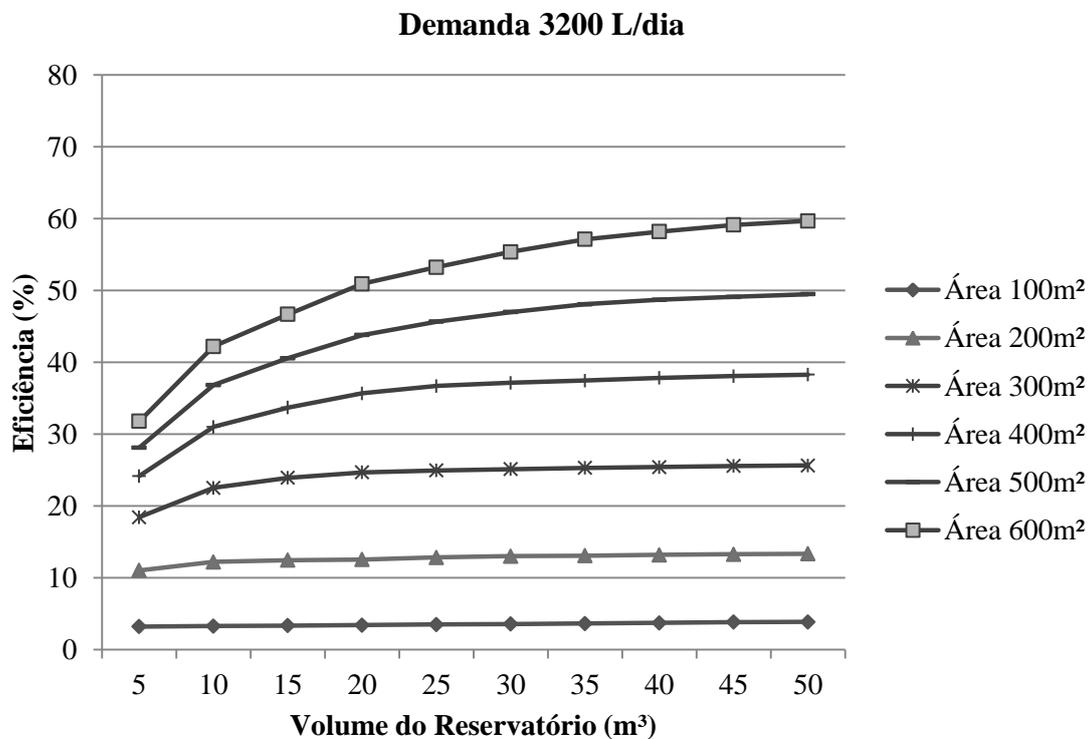


Figura 10 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Guajará-Mirim, estação de código 1164000.

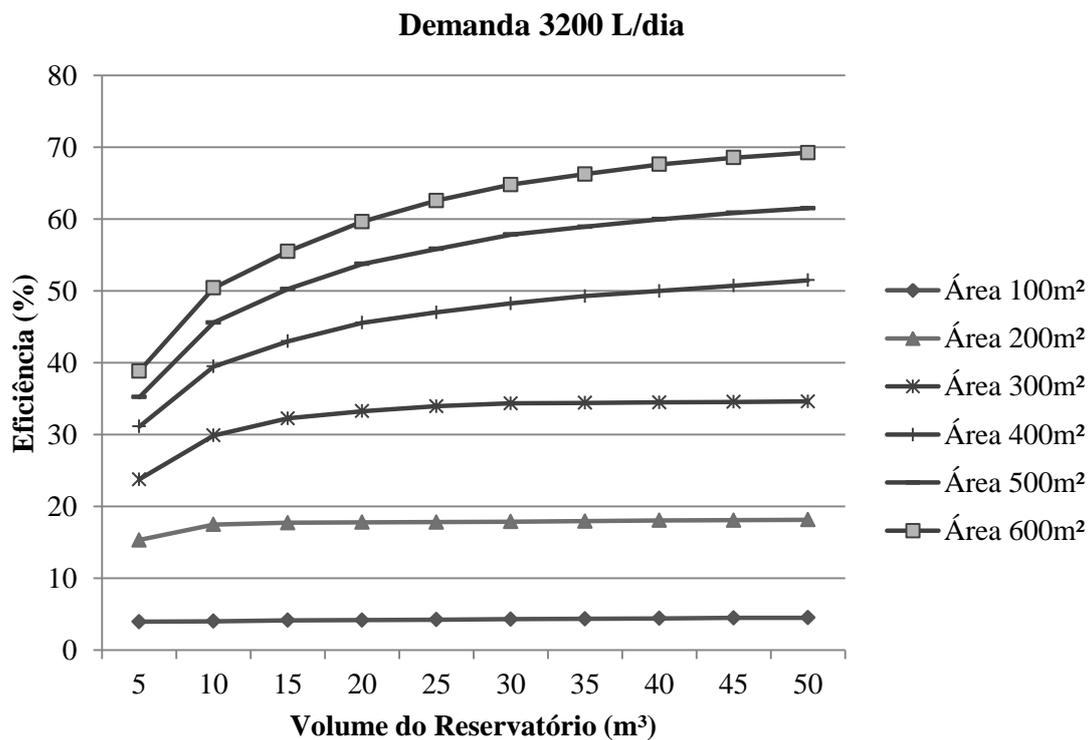


Figura 11 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ministro Andreazza, estação de código 1161003.

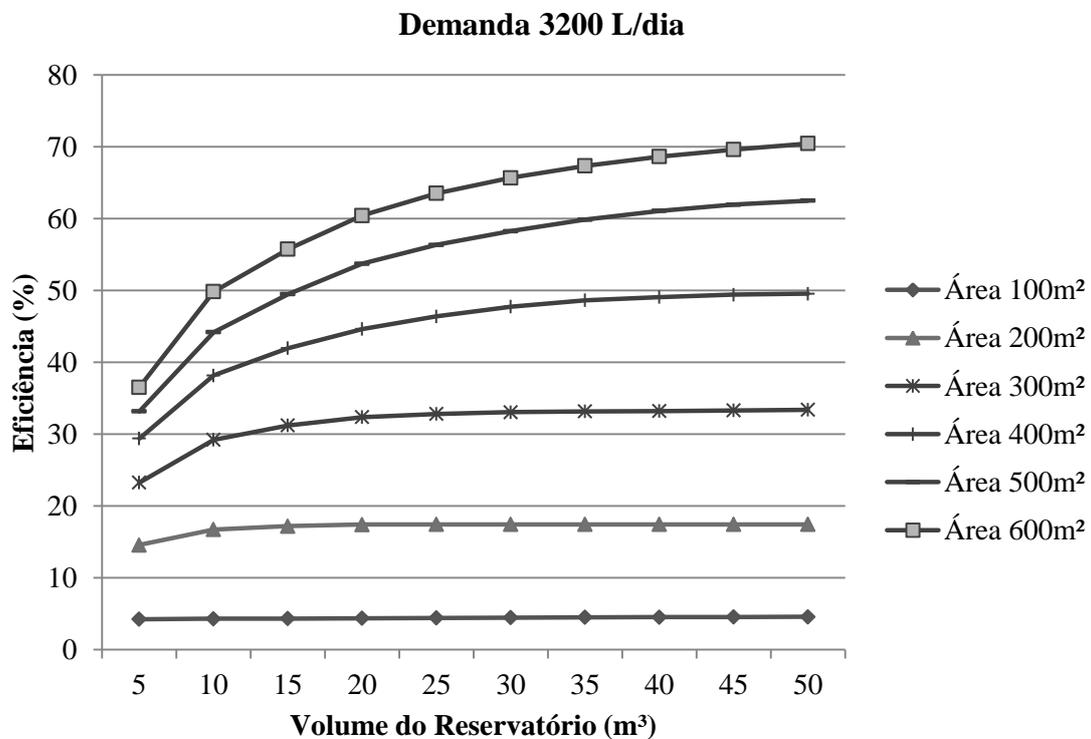


Figura 12 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Rolim de Moura, estação de código 1161002.

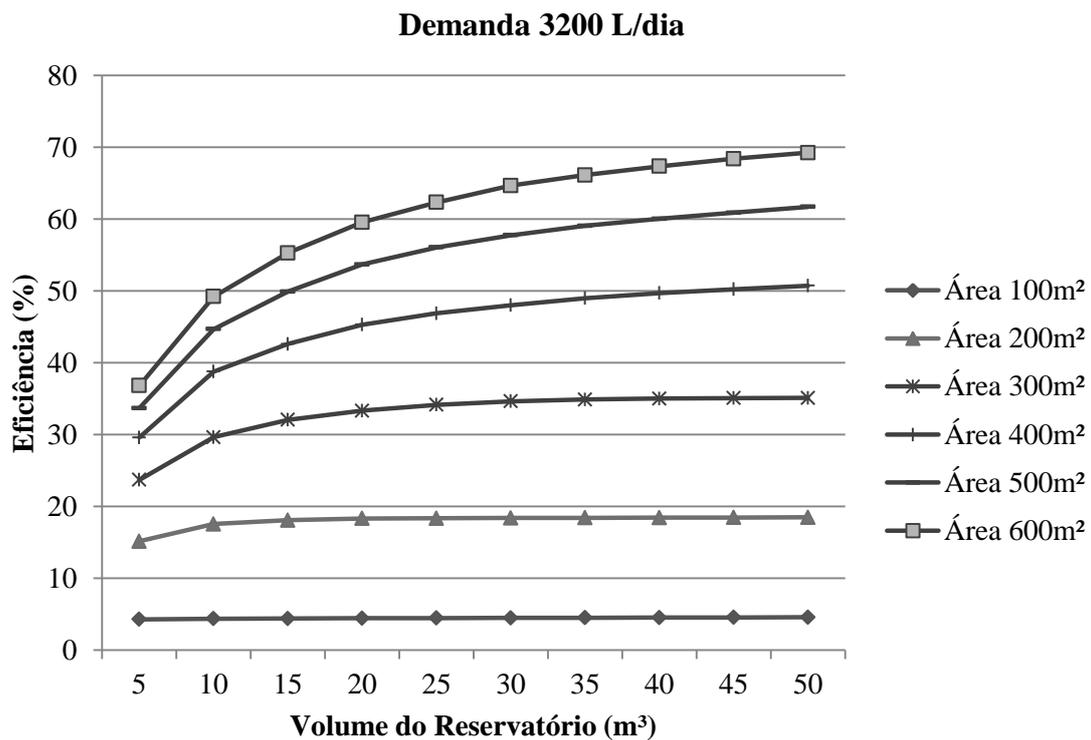


Figura 13 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Pimenta Bueno, estação de código 1161001.

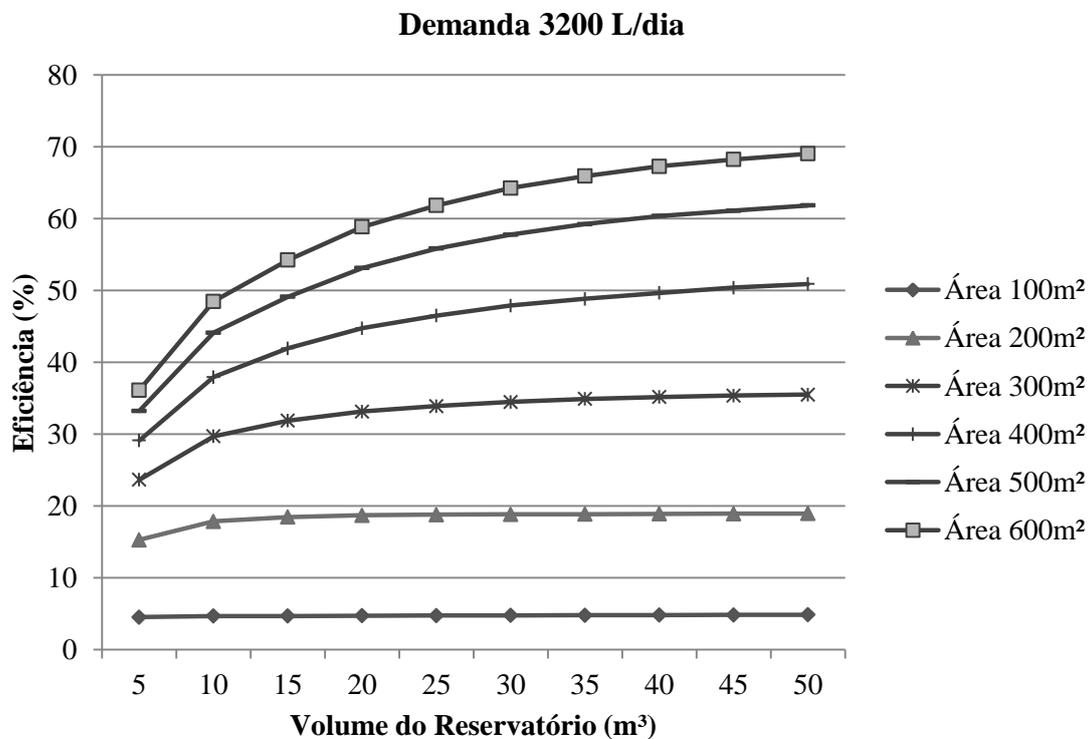


Figura 14 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Cacoal, estação de código 1161000.

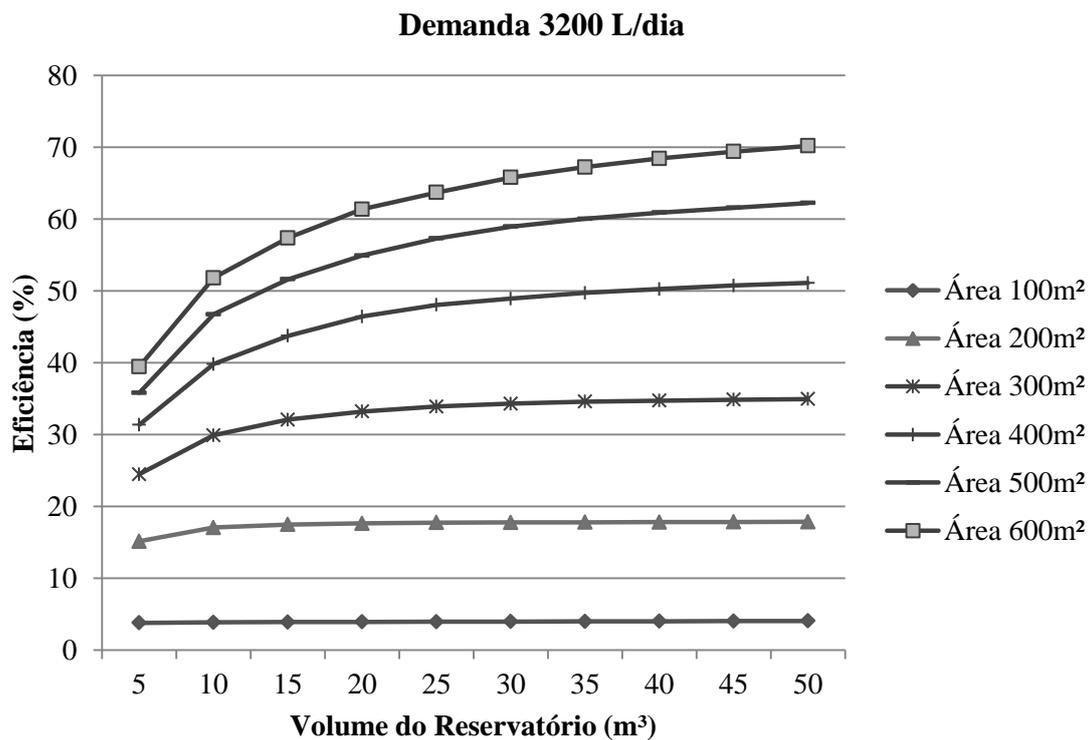


Figura 15 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Pimenta Bueno, estação de código 1160002.

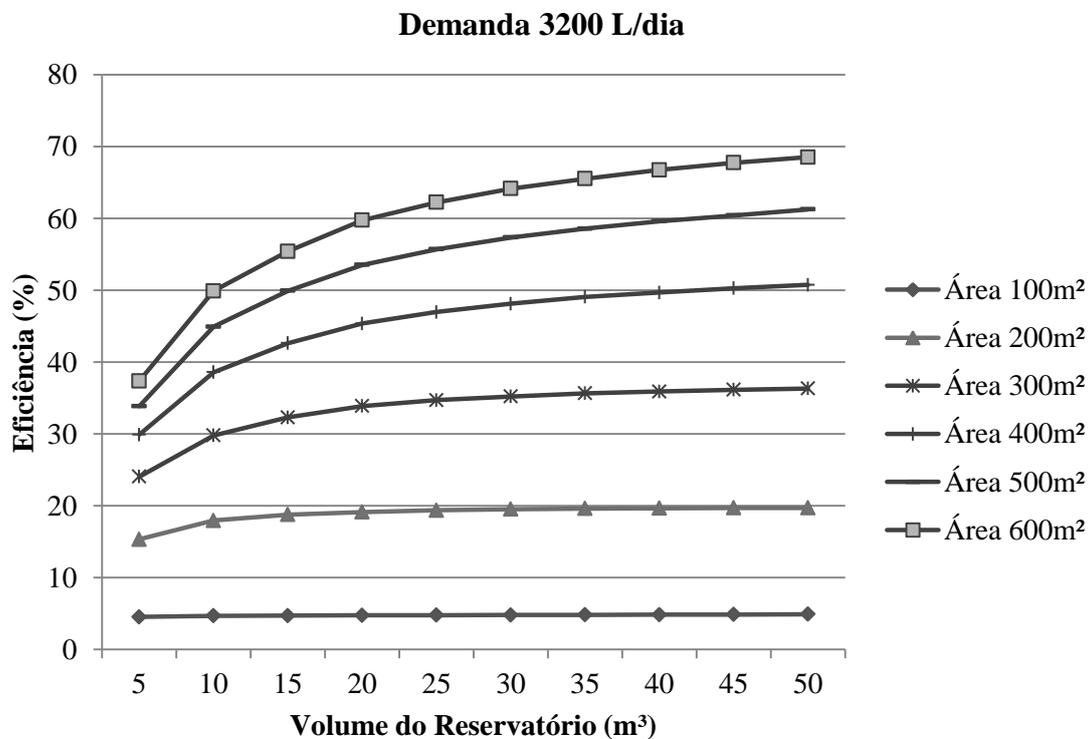


Figura 16 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Pimenta Bueno, estação de código 1160000.

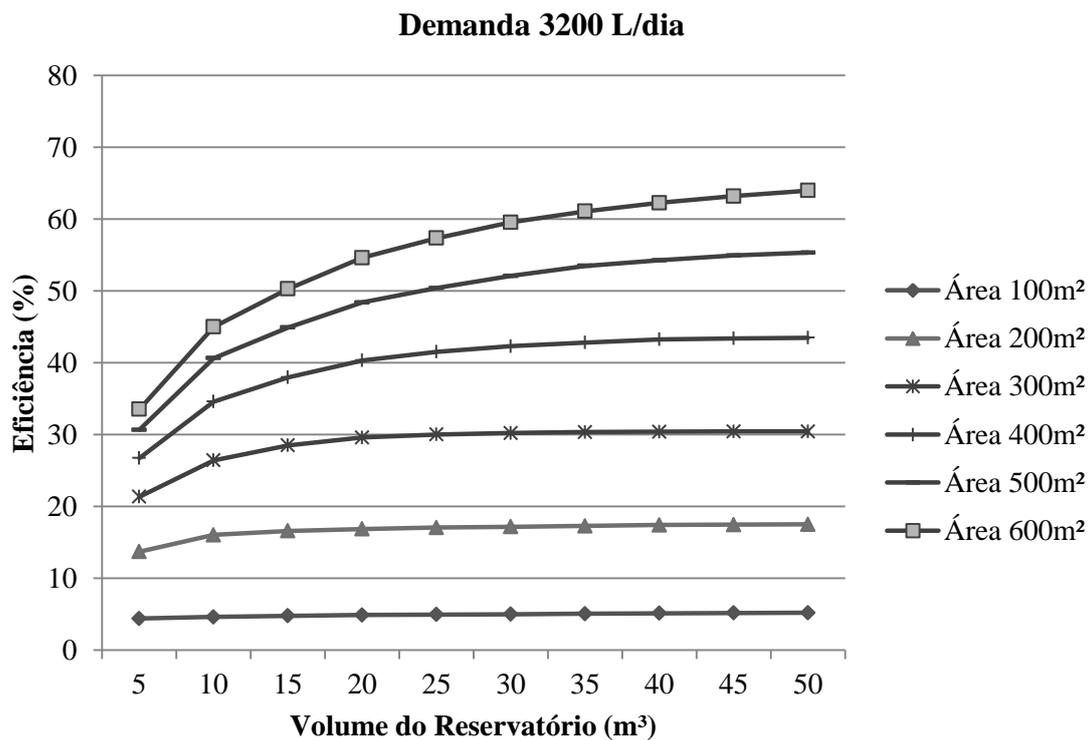


Figura17 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Guajará-Mirim, estação de código 1065002.

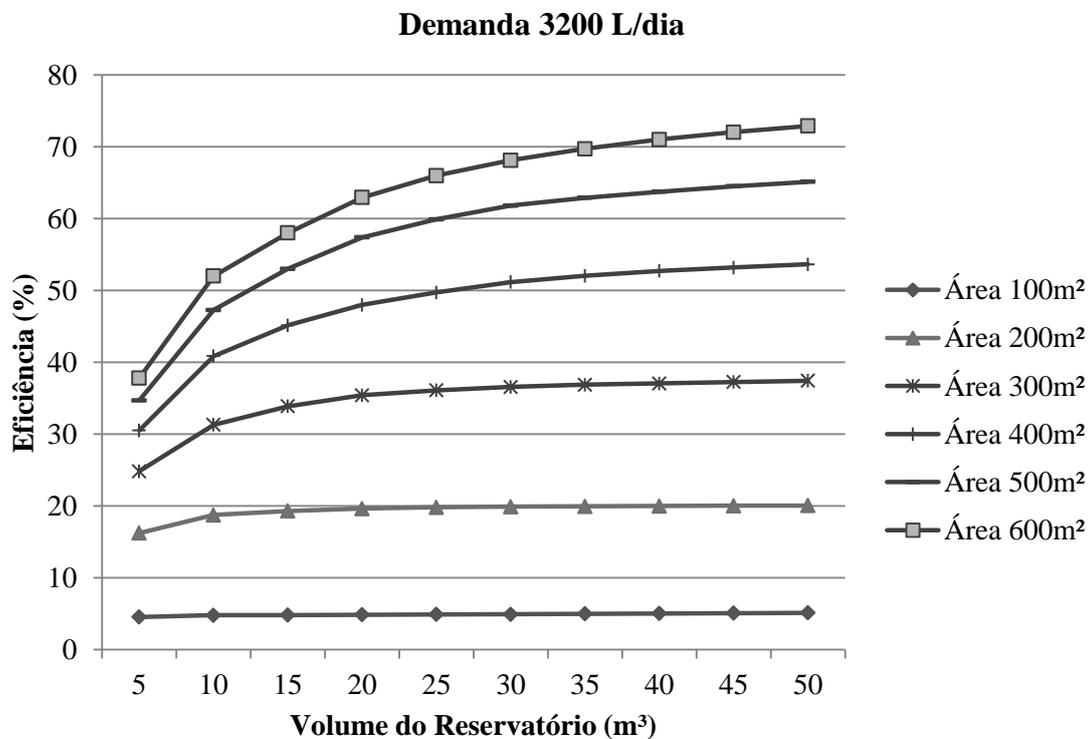


Figura 18 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ariquemes, estação de código 1063001.

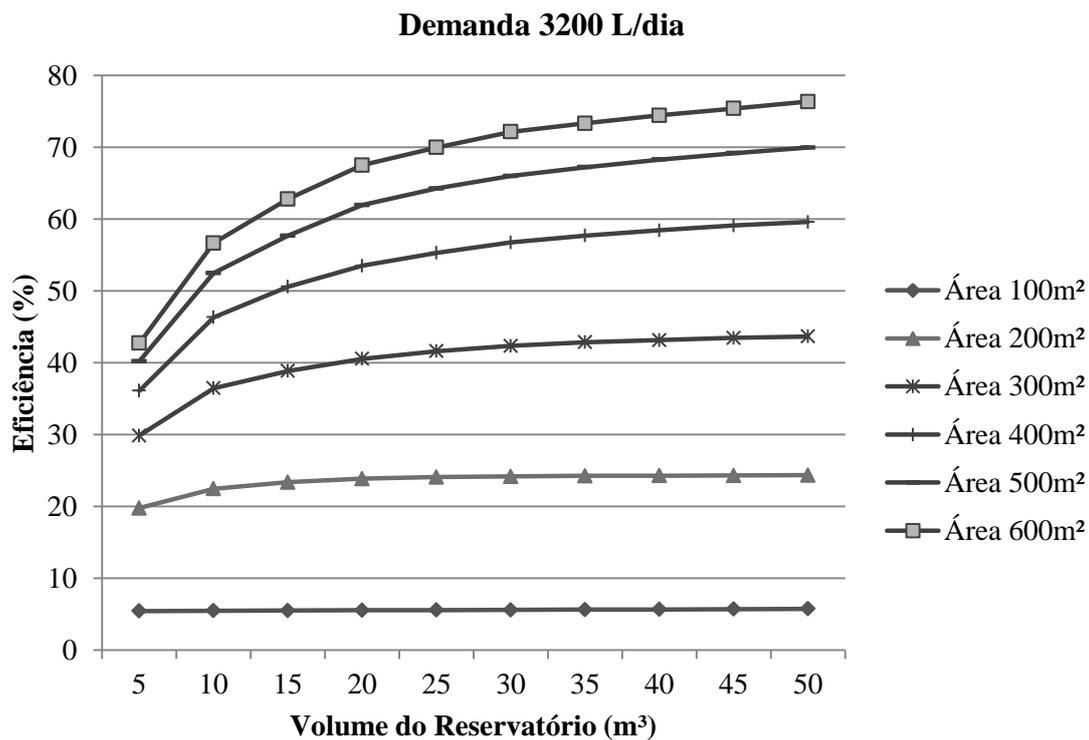


Figura 19 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 1063000.

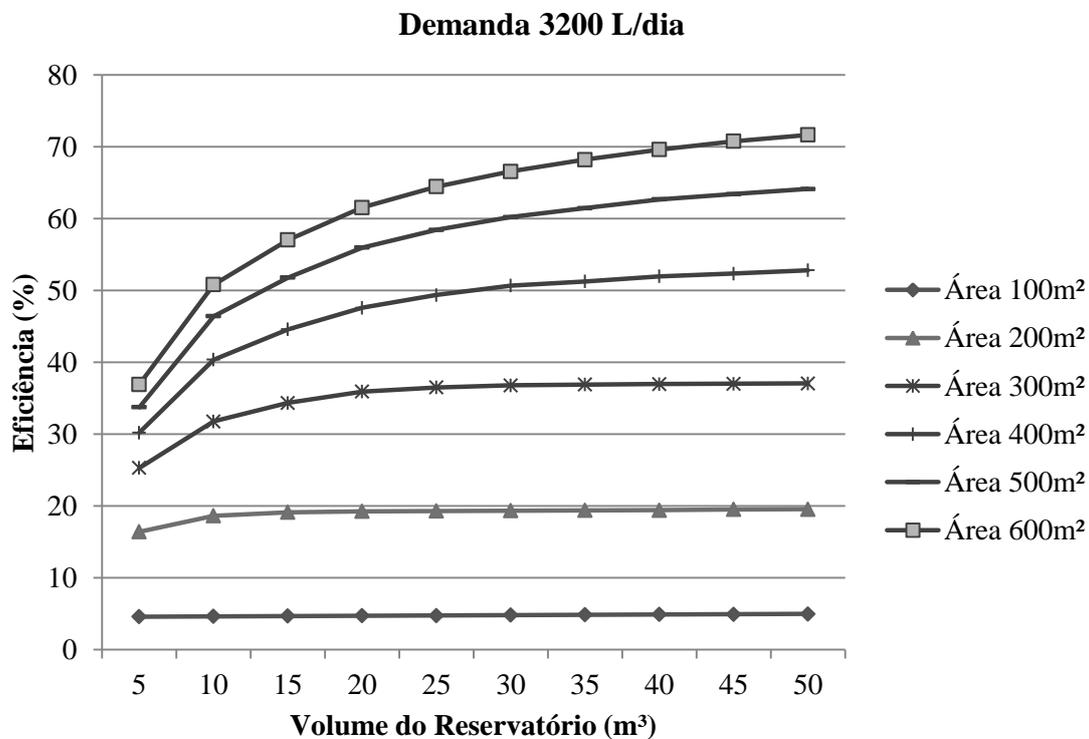


Figura 20 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Theobroma, estação de código 1062004.

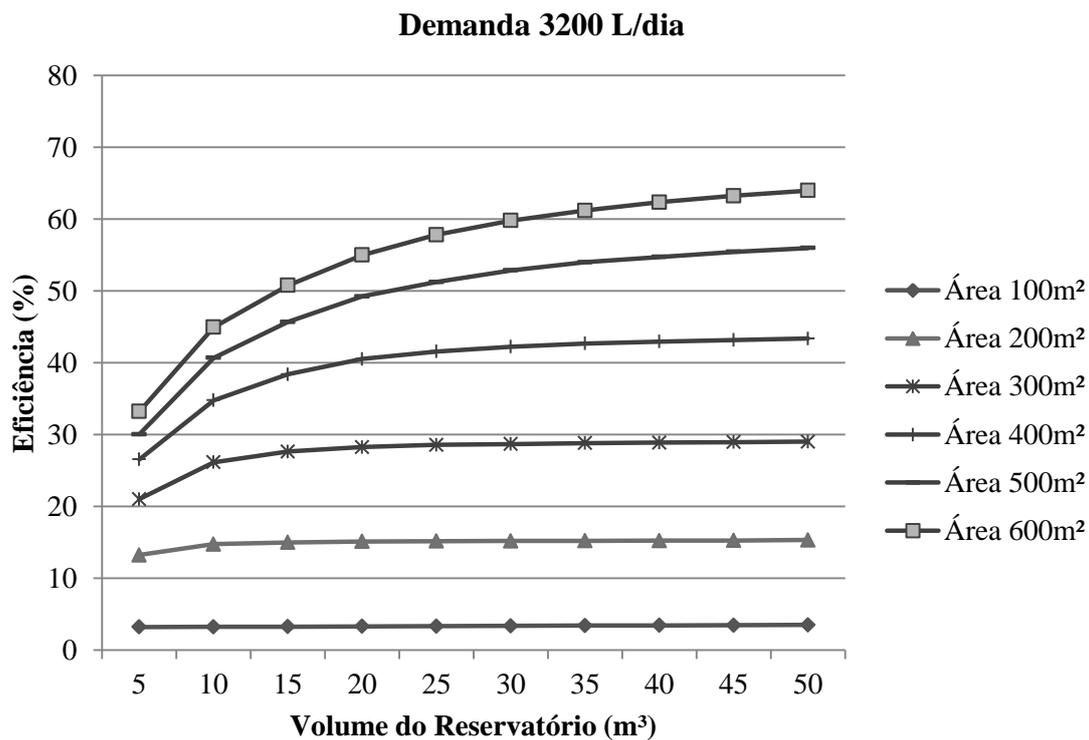


Figura 21 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Mirante da Serra, estação de código 1062003.

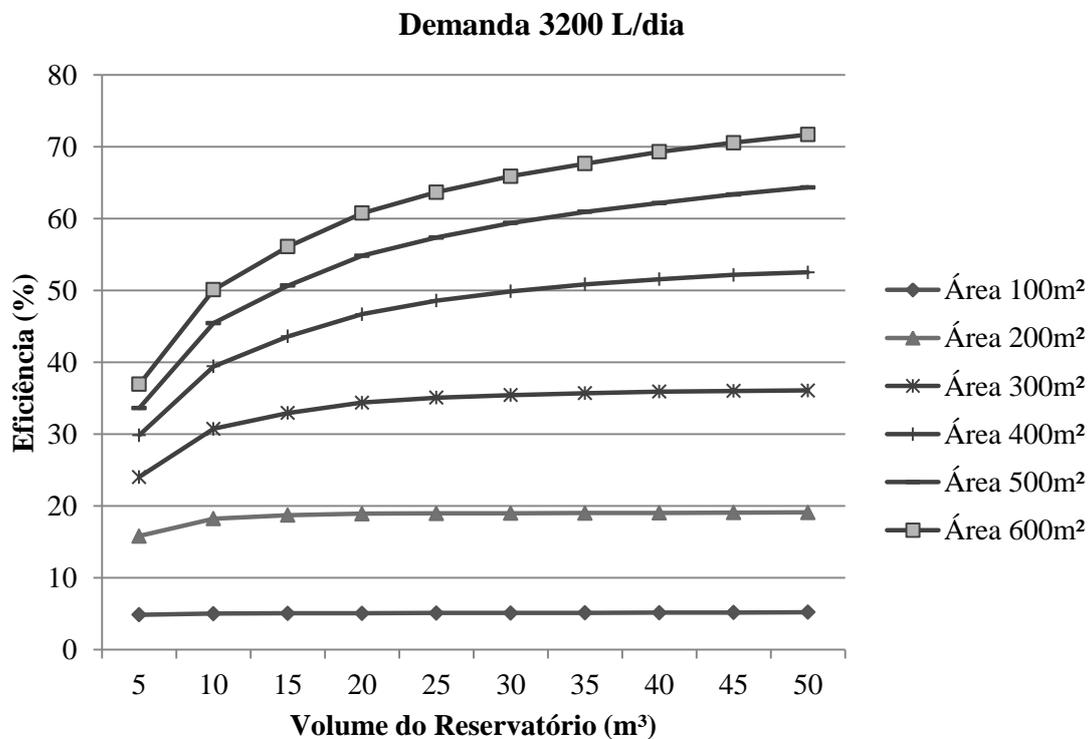


Figura 22 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Jarú, estação de código 1062002.

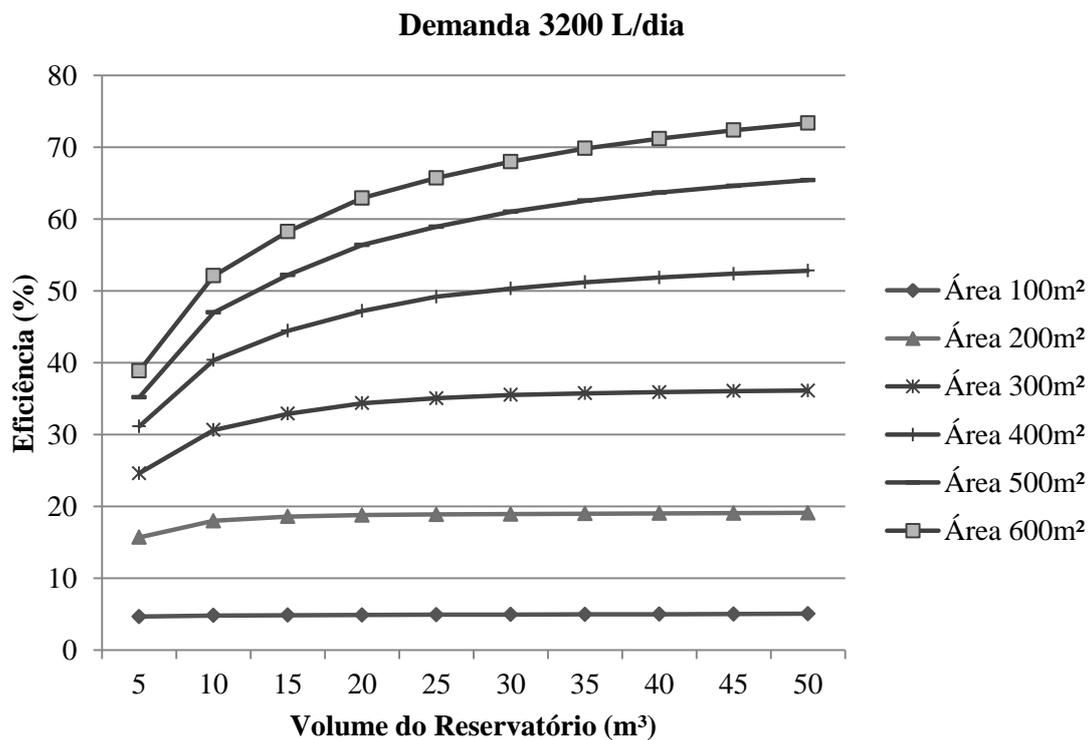


Figura 23 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Jarú, estação de código 1062001.

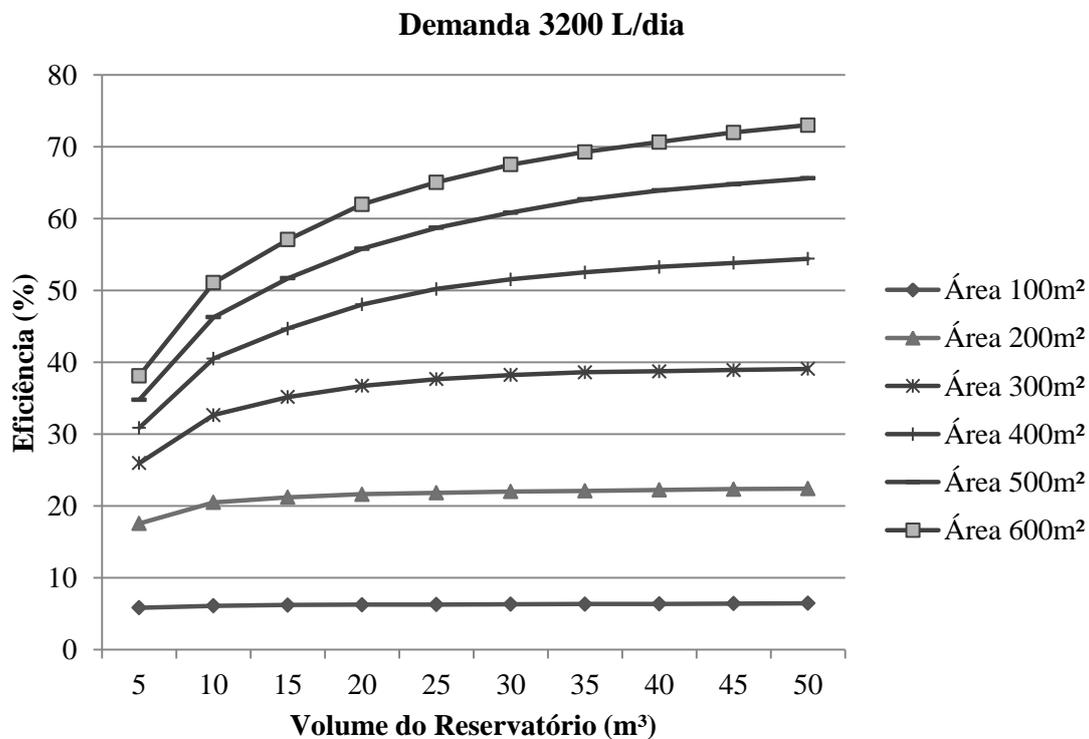


Figura 24 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ouro Preto do Oeste, estação de código 1061003.

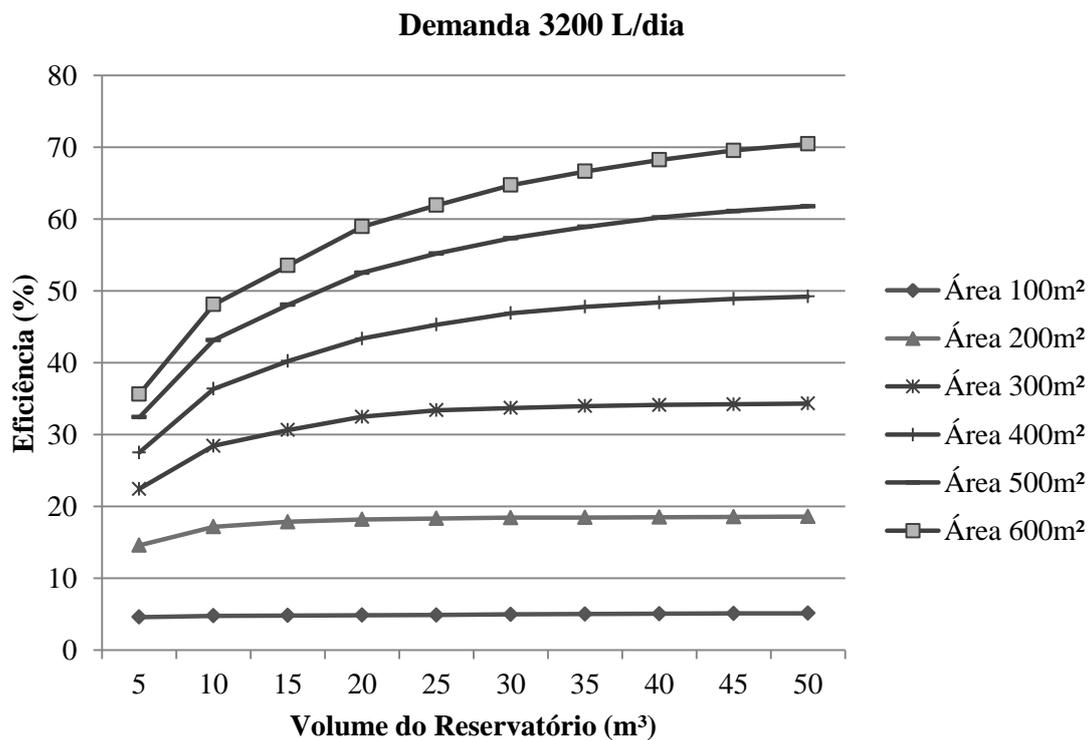


Figura 25 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ji-Paraná, estação de código 1061001.

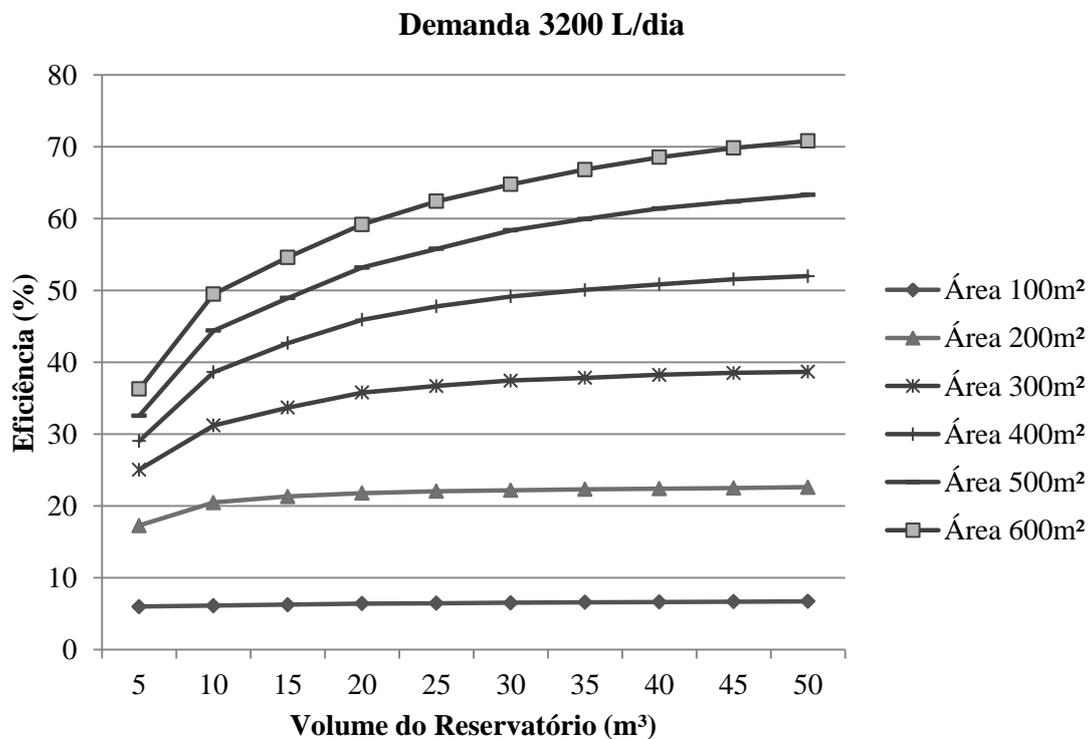


Figura 26 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 966001.

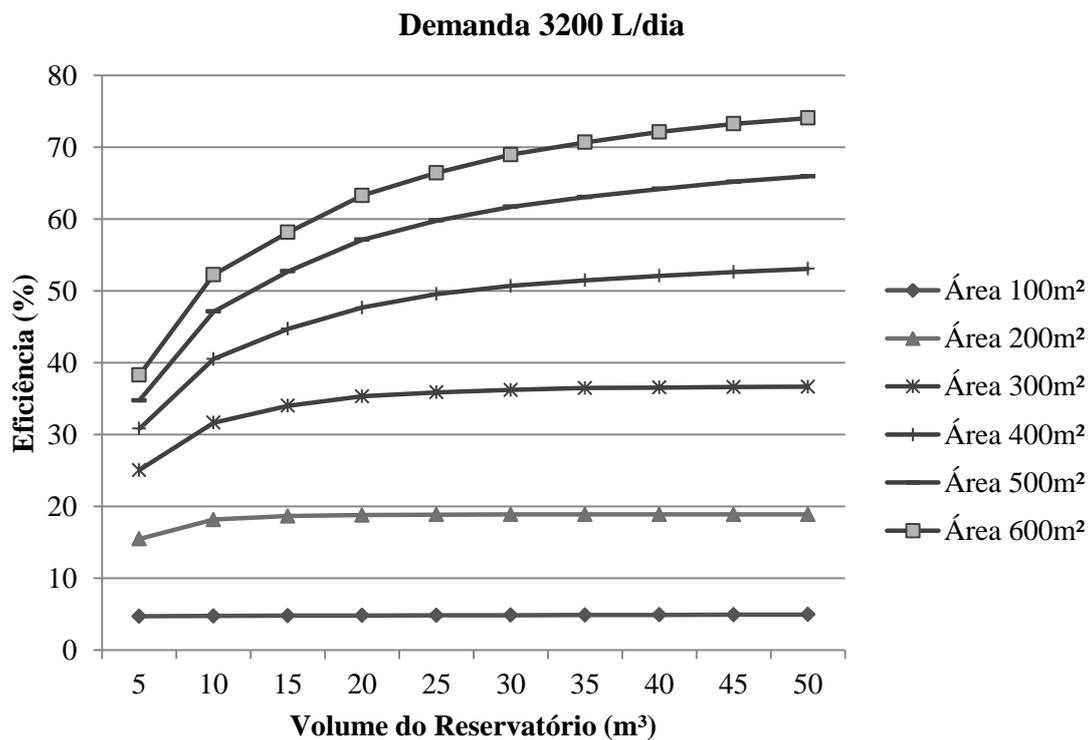


Figura 27 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Porto Velho, estação de código 966000.

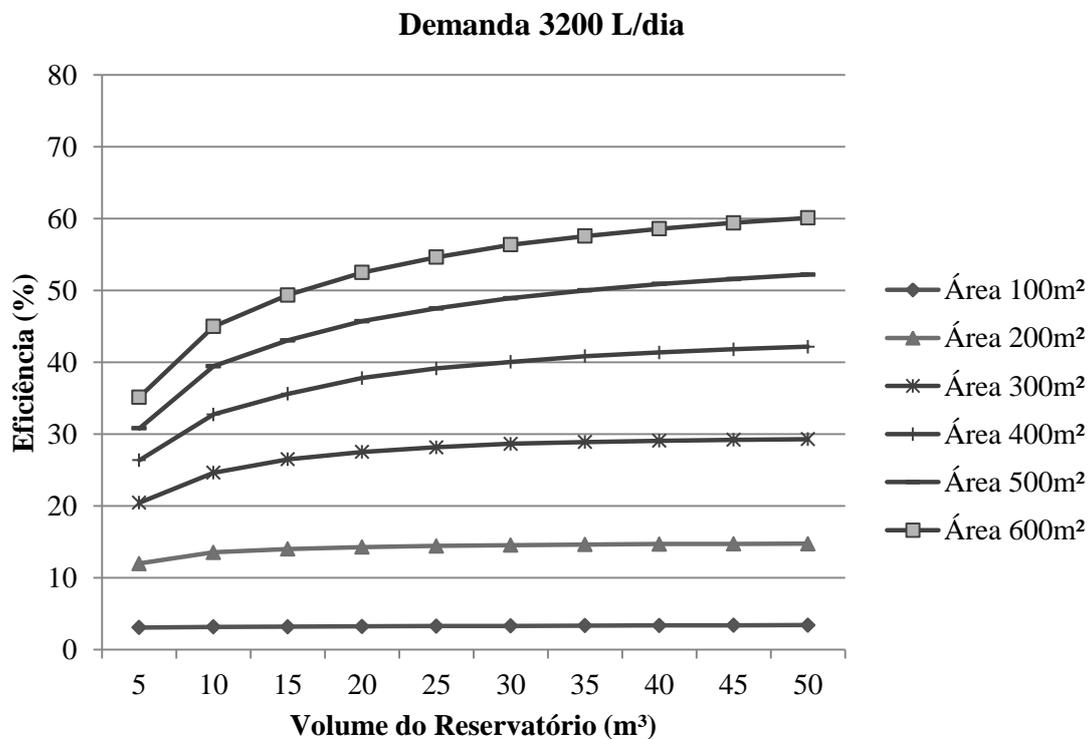


Figura 28 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 965001.

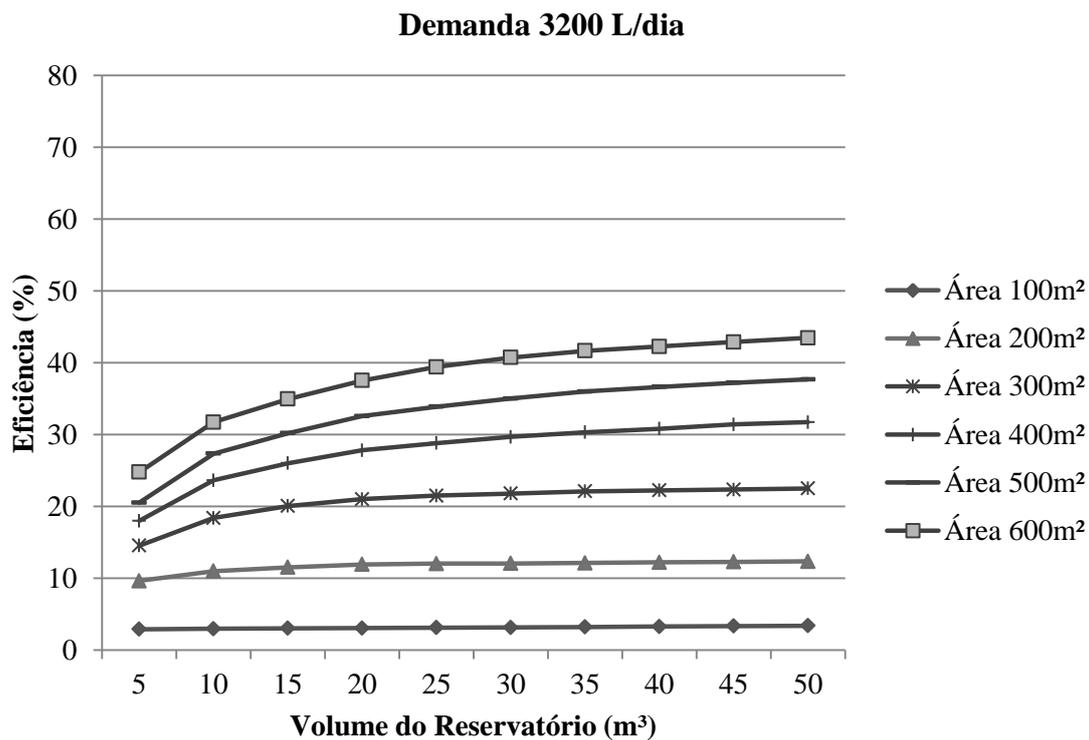


Figura 29 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 964001.

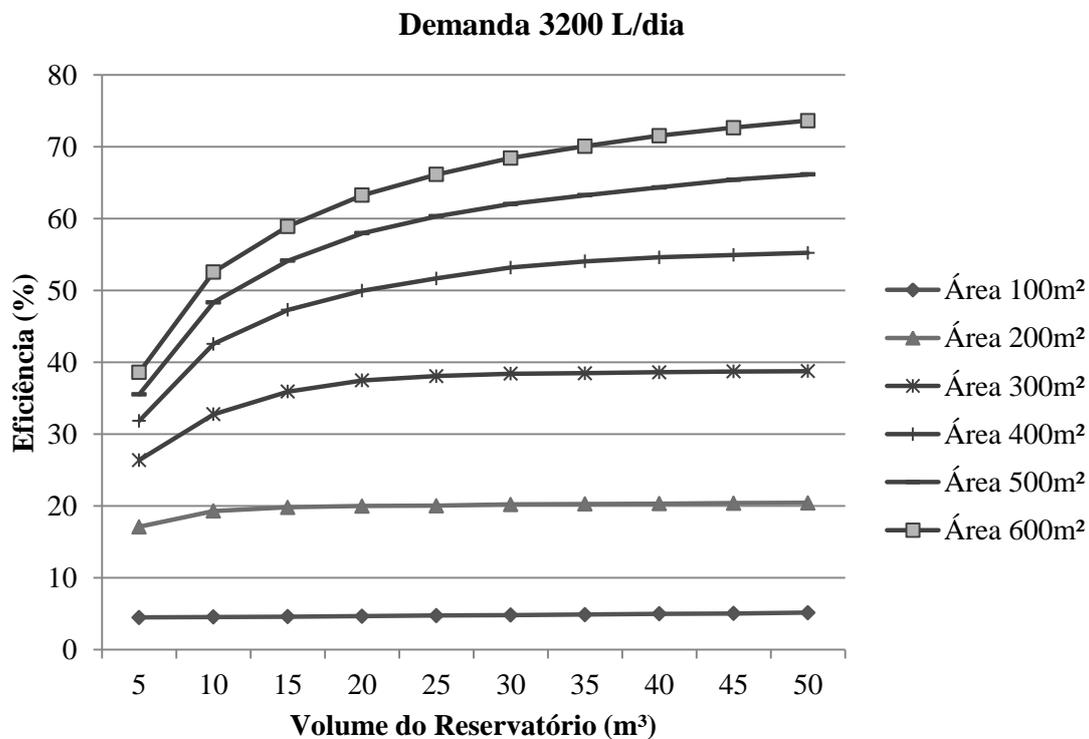


Figura 30 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ariquemes, estação de código 963009.

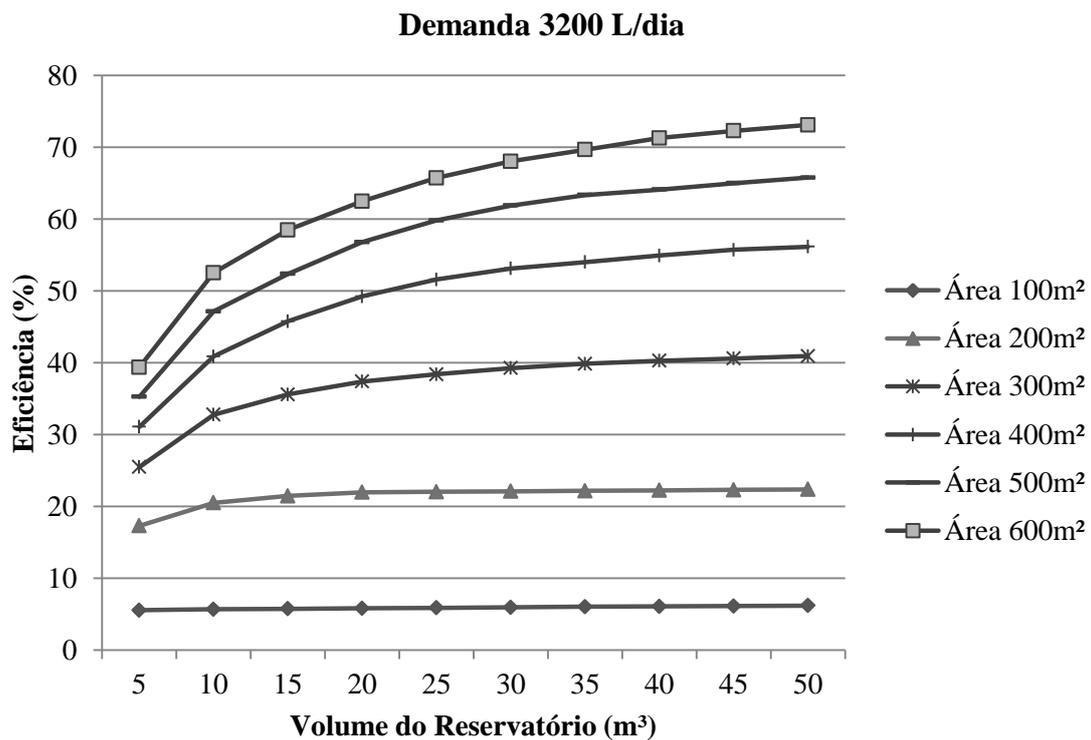


Figura 31 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para residência unifamiliar para descarga sanitária na região de Ariquemes, estação de código 963006.

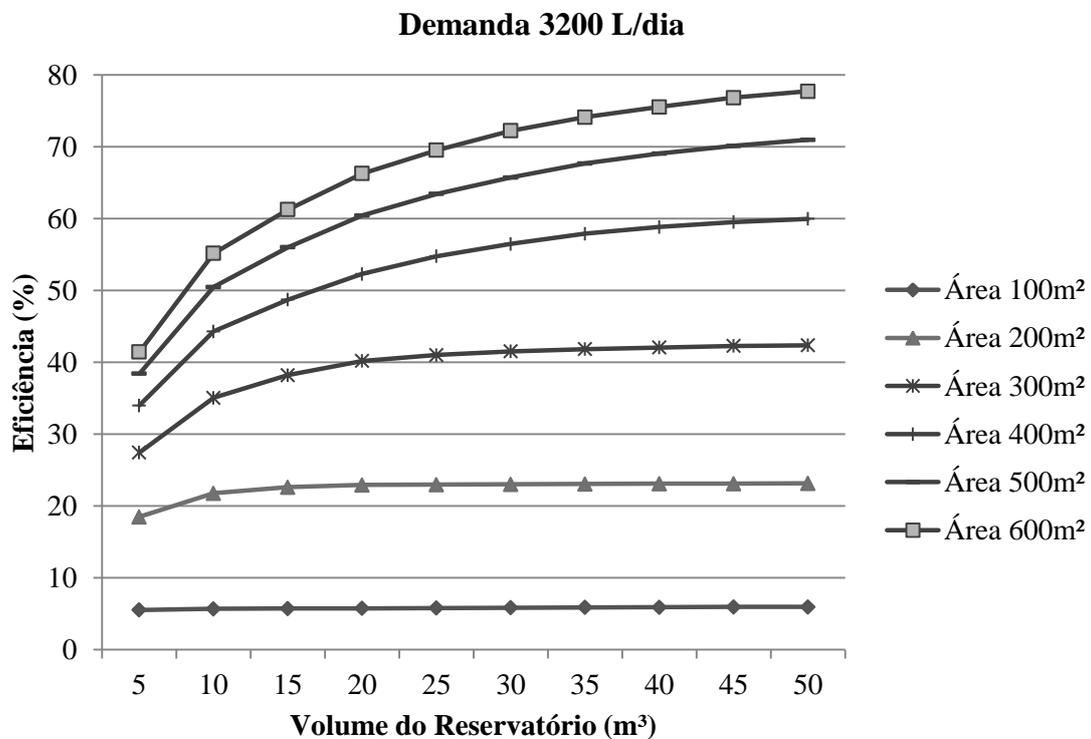


Figura 32 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ariquemes, estação de código 963004.

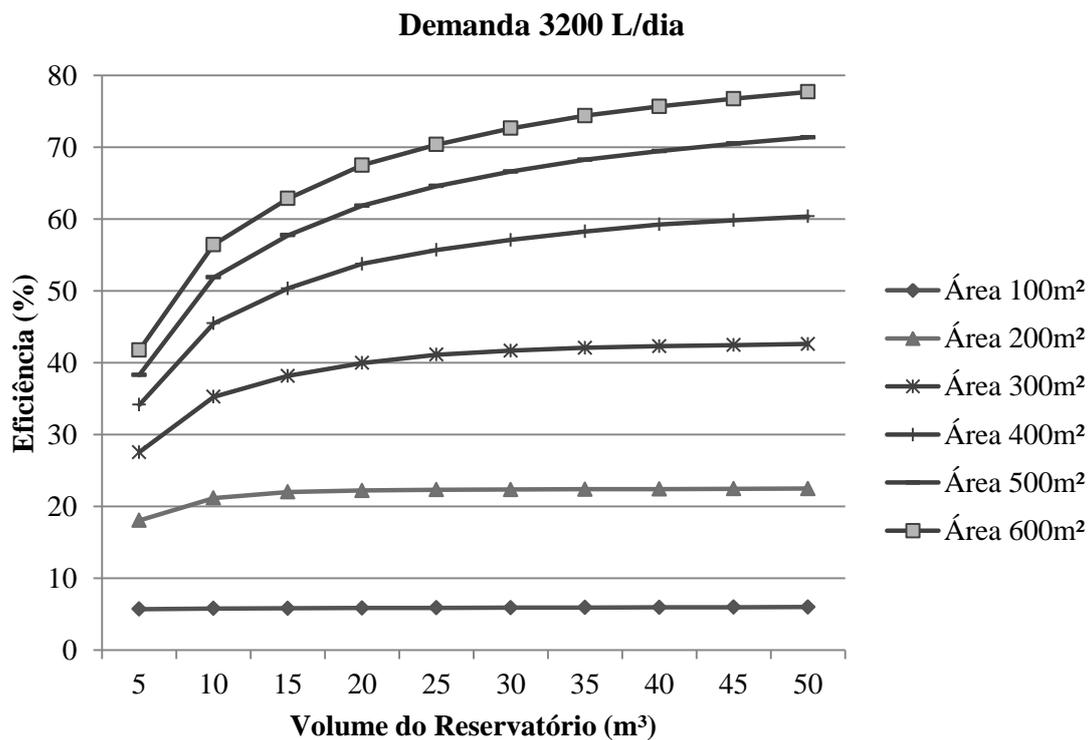


Figura 33 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 963001.

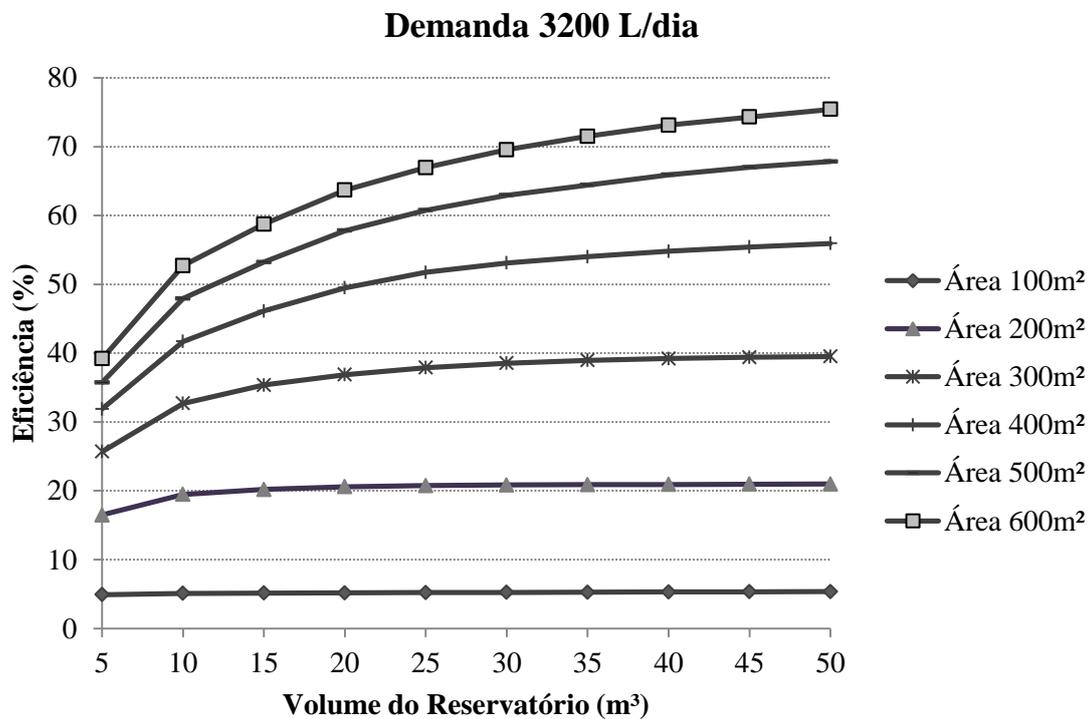


Figura 34 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Ariquemes, estação de código 963000.

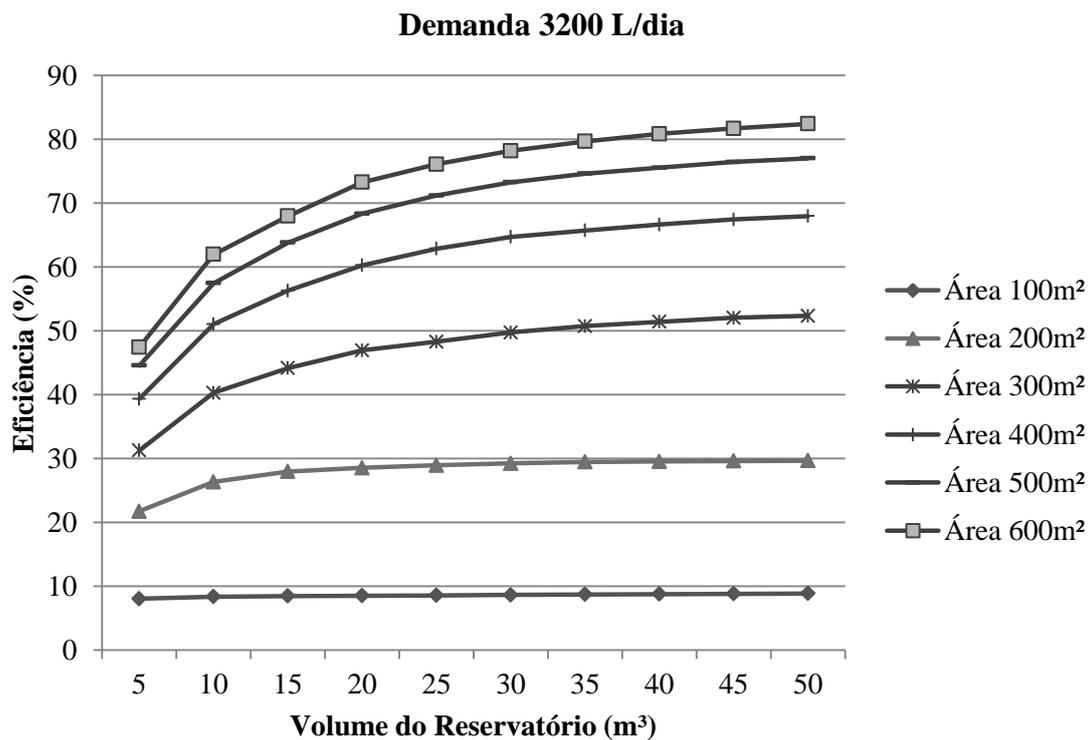


Figura 35 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 962001.

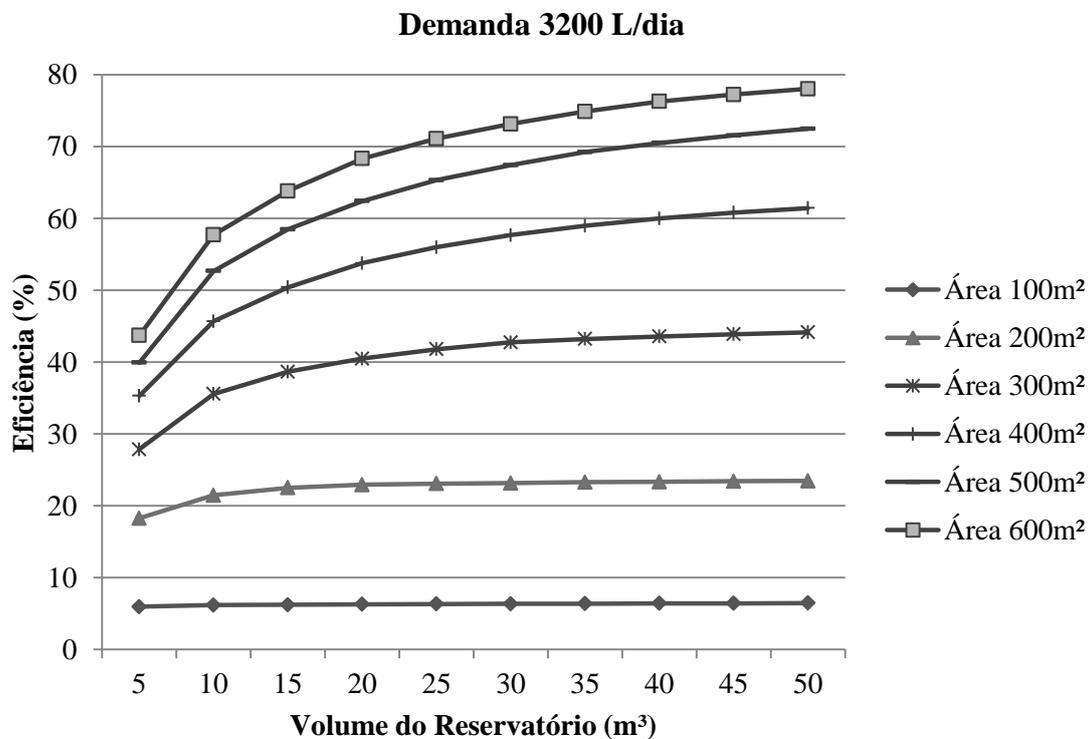


Figura 36 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Machadinho do Oeste, estação de código 962000.

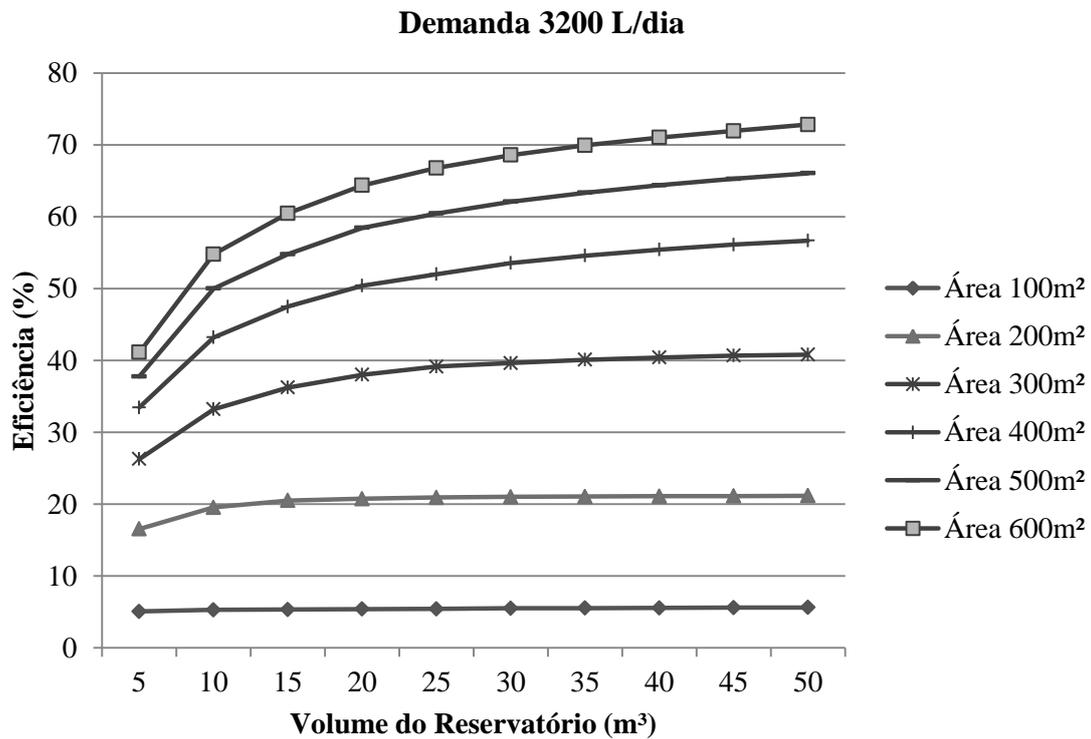


Figura 37 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Machadinho do Oeste, estação de código 961003.

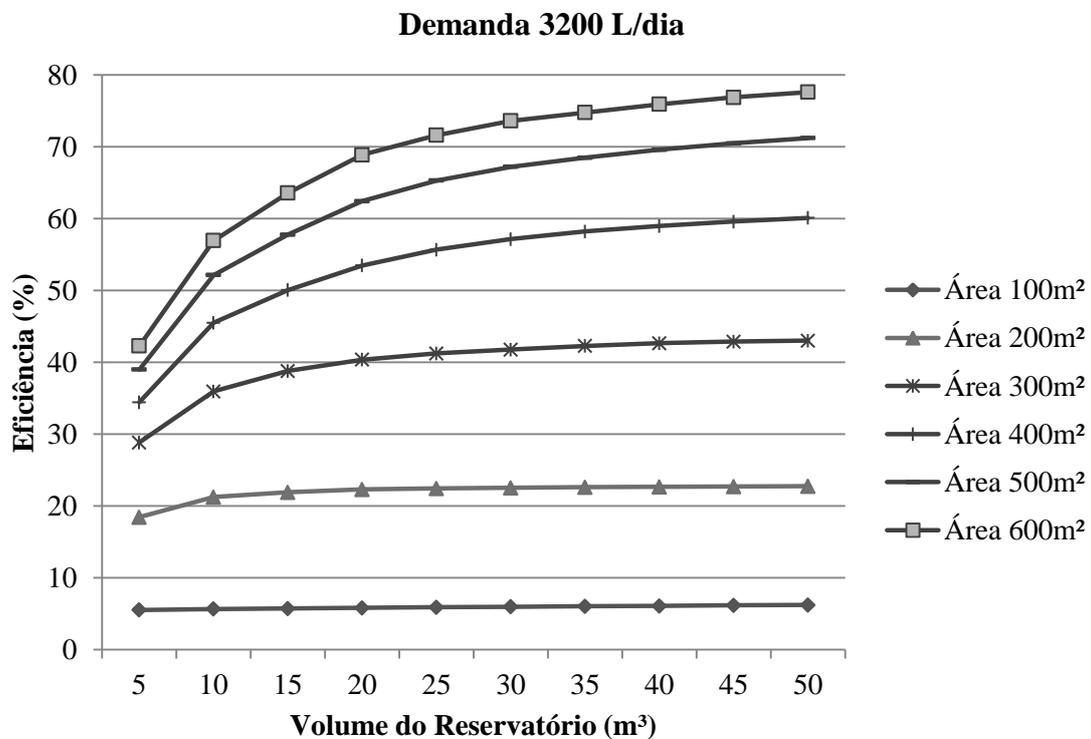


Figura 38 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Candeias do Jamari, estação de código 863003.

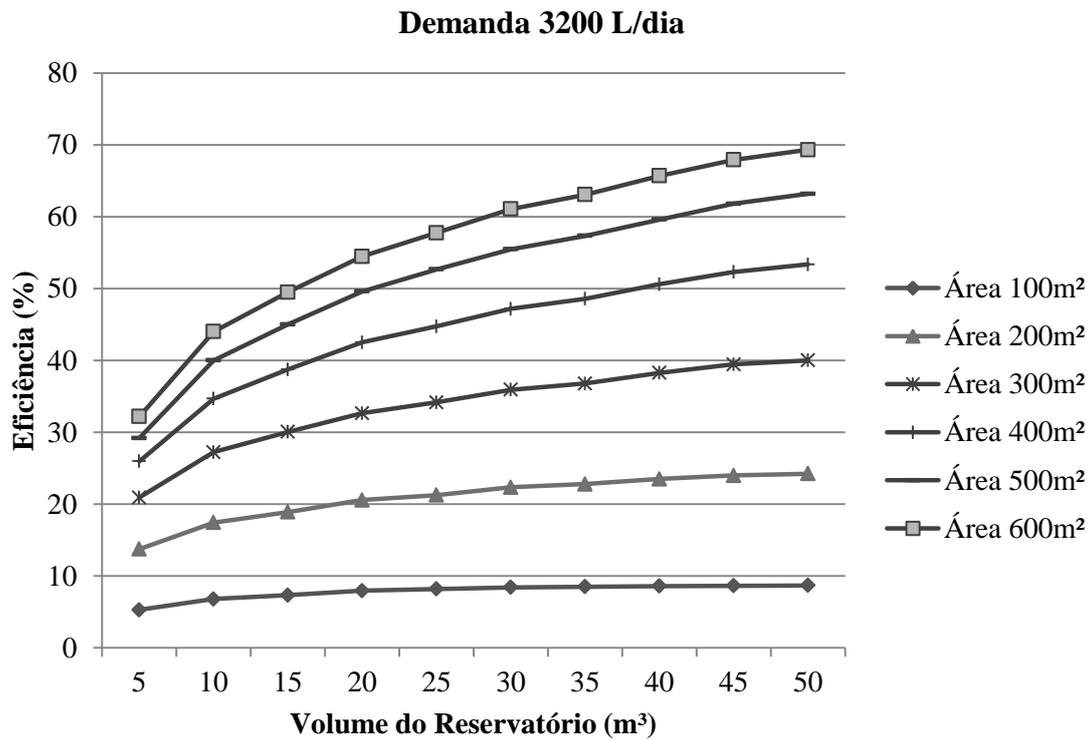


Figura 39 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Porto Velho, estação de código 863000.

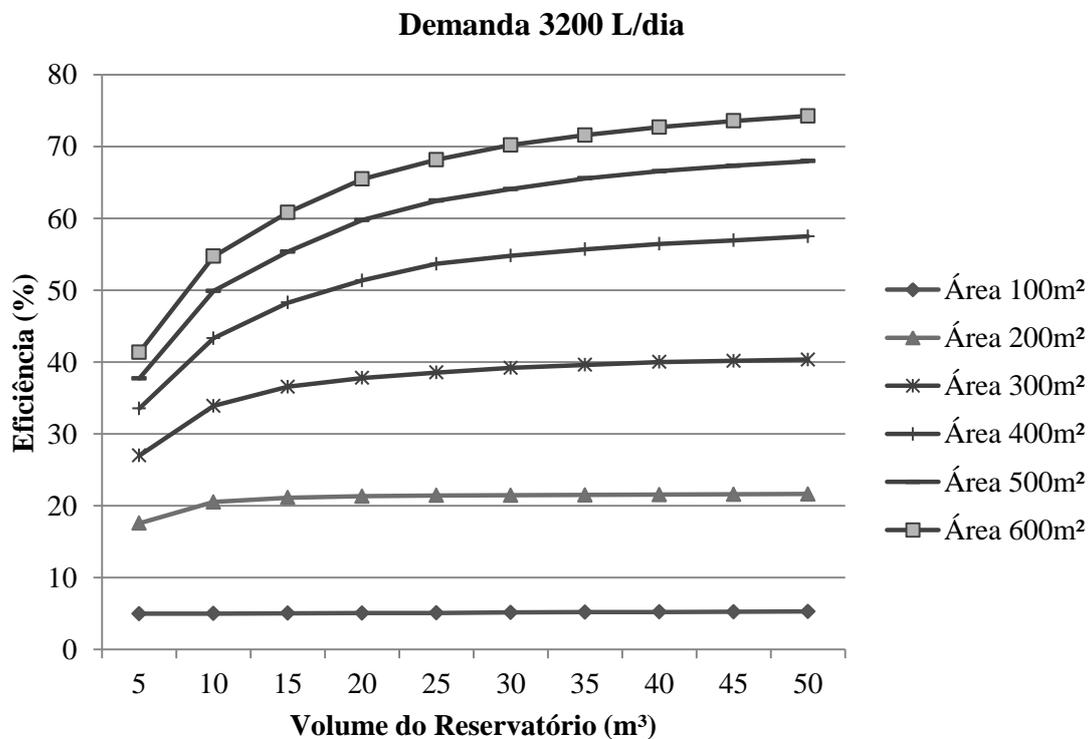


Figura 40 - Volume pela Eficiência no aproveitamento de águas pluviais para lava a jato na região de Machadinho do Oeste, estação de código 862000.