

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TERESINHA DE JESUS BITTAR

PLANO DE CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA.
ASPECTOS PRELIMINARES DE UMA OPERAÇÃO DE PROCESSAMENTO DE
FRUTAS CÍTRICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO.

CURITIBA
2022

TERESINHA DE JESUS BITTAR



PLANO DE CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA.
ASPECTOS PRELIMINARES DE UMA OPERAÇÃO DE PROCESSAMENTO DE
FRUTAS CÍTRICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO.

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao curso de MBA em Projetos sustentáveis e inovações ambientais do programa de educação continuada em ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof. Greyce Charlyne Benedet Maas

CURITIBA
2022

RESUMO

A abertura, manutenção e expansão de negócios industriais também têm sido pautadas nas ações de sustentabilidade, que incluem a gestão da água. Este trabalho se propõe a colaborar com a fase preliminar da elaboração de um plano de conservação e reuso da água (PCRA) aplicável ao setor de processamento de frutas cítricas para consumo in natura, baseando-se em uma operação localizada no estado de São Paulo. Foi abordada tanto a gestão da oferta de água, através do reuso e uso de água de chuva quanto a gestão da sua demanda, através da mensuração dos usos, otimização de processo, práticas operacionais e inovação. A partir de aspectos legais; normativos e das prioridades, foram discutidos 9 cenários de mudanças. Sete foram elaborados via revisão conceitual do funcionamento do equipamento de consumo-chave e reorganização do fluxo do efluentes entre as etapas de processo. Outros dois cenários simularam a substituição de parte do uso por água de chuva. O estudo teve como finalidade a redução da demanda de retirada de água do poço artesiano, observando os limites impostos pela garantia da qualidade e simplicidade operacional. O potencial de redução da captação dos poços via reuso foi estimado em 43%, enquanto os cenários de substituição de parte dos usos por água de chuva revelaram ser capaz de reduzir 19%. Observou-se que o potencial poderia ser melhor explorado através da revisão conceitual e integrada dos equipamentos do parque industrial. Quanto a disposição do efluente geral da operação, o trabalho apontou que mudanças na gestão do uso da água poderia promover mudanças na natureza, concentração, além da redução do volume do despejo, características importantes na definição do tipo e dimensionamento de projetos relativos a tratamento de efluentes, podendo contribuir para viabilidade nos aspectos custo e demanda por área. Em caso de a operação optar por investimentos em inovação tecnológica disponíveis no mercado, as discussões dos cenários aqui propostos poderão dar suporte comparativos nos critérios custo x benefícios em operacionalidade, produtividade e sustentabilidade. Os ganhos com a eventual implementação de um PCRA poderão se tornar cada vez mais expressivos considerando sazonalidades e adesão do conjunto das operações similares do setor.

Palavras-chaves: Águas residuárias industriais. Beneficiamento de citrus de mesa. Captação e uso de água de chuva. Reuso de água. Reuso industrial.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 07 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 08 |
| 2.1. GESTÃO DA OFERTA: FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA | 08 |
| 2.1.1 Reuso de água | 09 |
| 2.1.2 Captação de água de chuva..... | 12 |
| 2.2. GESTAO DA DEMANDA | 12 |
| 2.2.1 Otimização do consumo e redução dos desperdícios..... | 12 |
| 2.2.2 Devolução aos corpos hidricos..... | 13 |
| 2.4 FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSAMENTO DE LARANJAS | 17 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 18 |
| 3.1 PERFIL DA OPERAÇÃO DO ESTUDO DE CASO | 18 |
| 3.2 APURAÇÃO DAS DEMANDAS POR ÁGUA | 19 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 4.1 MATRIZ DE POSSIBILIDADES PARA REUSO | 25 |
| 4.2 PROPOSIÇÃO DE CENÁRIOS..... | 29 |
| 4.2.1 Cenários de otimização e reuso | 30 |
| 4.2.2 Cenários para captação de água de chuva | 37 |
| 4.2.3 Comparação entre cenários | 41 |
| 4.3 TRATAMENTO E DEVOLUÇÃO..... | 43 |
| 4.4 GESTÃO DA ROTINA E MELHORIA CONTÍNUA | 44 |
| 5 CONCLUSÕES | 46 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 47 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil responde por 53% da produção mundial de laranjas, sendo que 74% são provenientes do estado de São Paulo (INVESTE SP, 2021). Durante a pandemia, a alta do consumo de vitamina C valorizou mais o produto no mercado mundial (ALFACITRUS, 2021) e a implementação de melhorias para sustentabilidade se alinha às estratégias de aproveitamento dessas oportunidades.

As operações industriais de beneficiamento de frutas cítricas de consumo de mesa seguem uma trajetória de agregação de valor movida pelos critérios comerciais e legais internos e externos, incluindo os requisitos das redes varejistas e das indústrias de suco. Através de auditorias e certificações, surgem demandas em inovação para segurança de alimentos, sustentabilidade social e ambiental (SILVIA, 2000; ABCM, 2021; ABRAFRUTAS, 2021).

O processamento de laranjas e outras frutas cítricas demanda uso de água e geração de energia térmica e assim a elaboração de um plano de conservação e reuso de água industrial alinha o setor aos Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS): ODS 6, ODS 9 e ODS 12, da agenda 2030, que consistem, respectivamente em: assegurar água e saneamento para todos para um mundo sustentável; promover industrialização sustentável, e promover consumo e produção sustentável (ONU, 2015).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi dar suporte ao setor de processamento de frutas cítricas na gestão sustentável da água, colaborando com a fase inicial de elaboração de um plano de conservação e reuso da água (PCRA) através da simulação de cenários de hipótese de mudanças, com base na realidade de uma das operações localizada no interior do estado de São Paulo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O plano de conservação e reuso da água (PCRA), se divide em gestão das demandas e das ofertas. A primeira consiste na otimização de uso por meio de reformulação de processos e práticas operacionais e devolução da água para ambiente em boas condições de reuso, já que a disponibilidade de água tem forte relação com qualidade. A gestão da oferta, diz respeito a redução da captação de água, por meio de fontes alternativas, incluindo reuso e captação de água de chuva.

Para realização de um PCRA é necessário considerar os aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos (HESPANHOL, et al 2006) (Figura 1).



FIGURA 1 - Aspectos do Plano de conservação e reúso de água em indústria.
 FONTE: O Autor (2021) adaptado de Hespanhol et al. (2006).

2.1 GESTÃO DA OFERTA: FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA

O incentivo para a racionalização dos recursos hídricos vem desde a constituição, passando pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997) chegando até normas e resoluções (ABNT,1997, ABNT, 2010). Segundo a resolução 430 do CONAMA (2011), fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas para uso eficiente da água, redução da geração, melhoria da qualidade do efluente e sempre que possível, o reúso.

2.1.1- REUSO DE ÁGUA

Reuso de água consiste na utilização de água residuária, podendo esta ser proveniente de esgoto ou água descartada na forma de efluente líquido de edificações, indústria, agroindústria, agropecuária, tratados ou não. Portanto, água de reúso refere-se à água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para utilização nas modalidades pretendidas. O reúso direto é caracterizado em

situações em que a água, após servir a um ponto de utilização, é conduzida para um segundo uso, sem passar pelo lançamento em corpos hídricos (CONAMA, 2005).

As diretrizes gerais para a prática de reuso direto não potável estão na Resolução 54 do CONAMA, que determina 5 modalidades de aplicação: urbanos, agrícolas, ambiental; industrial e aquicultura (CONAMA,2005).

A Norma Técnica 13969 (ABNT,1997) disciplina o reuso de efluente de origem doméstica ou similar provenientes de unidades individuais e enquadra os uso em classes, de acordo com finalidade: classe 1, se o reuso for para fins de irrigação paisagística com formação de aerossol ou lavagem de veículos, classe 2 se for lavagem de logradouros (pisos, calçadas) e irrigação sem formação de aerossol, classe 3 para desobstrução de tubulações e descarga de vasos sanitários e classe 4 para fins agrícola e florestal. A norma define padrões de qualidade da água de reuso apenas para fins agrícolas e alguns usos urbanos (ABNT, 1997) (Quadro 1).

QUADRO 1 - Abrangência das normativas quanto parâmetros de qualidade de água reuso de acordo com as modalidades de aplicação (CONAMA, 2005)

| Normativas Disponíveis | Modalidade urbana | Modalidade agroflorestal | Modalidade Ambiental | Modalidade Aquicultura | Modalidade Industrial |
|---------------------------------|--|--------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| RES. CONJUNTA (SÃO PAULO, 2017) | 13 Parâmetros | Não aborda | Não aborda | Não aborda | Não aborda |
| NBR 13969 (ABNT, 1997) | 5,3 ou 2 parâmetros, de acordo com a classe de uso | 2 Parâmetros | Não aborda | Não aborda | Não aborda |

FONTE: O Autor (2021) adaptado de CONAMA (2005), ABNT (1997), SÃO PAULO (2017).

A resolução conjunta SES/SMA/SSRH n° 01 (2017), do estado de São Paulo disciplina o reuso direto não potável do efluente originário de Estações de tratamento de esgoto sanitário (ETE), operadas por empresas públicas ou privada e exclui ETEs implantadas por estabelecimentos comerciais e industriais e define padrões apenas para aplicações em fins urbanos, cujo critério depende no nível de restrições de acesso aplicado ao público: restrições normal ou severa.

Observa-se que a prática de reuso no estado de São Paulo está mais bem regulamentada para efluentes de origem sanitária, e se for para fins urbanos. A Resolução conjunta nº 1 (2017) tem mais parâmetros de qualidade que a norma técnica 13969 (1997), e ambas parecem ser insuficientes para todas as aplicações. Faltam resoluções norteadoras da qualidade para aplicação nas demais modalidades de usos, principalmente ambiental, aquicultura e industrial (Quadro 1). Por outro lado, a Resolução 54 do CONAMA determina que os critérios serão estabelecidos por órgão competente. (CONAMA, 2005).

No campo do reuso de efluentes entre etapas industriais, dada a diversidade de aplicações, percebe-se que há muito o que normatizar e o compartilhamento das experiências dentro dos setores industriais podem dar suporte para adoção dessa prática entre as diversas atividades industriais (CNI, 2013).

O reuso na indústria classifica-se em macro externo ou macro interno. A primeira forma consiste no uso de efluente tratado de concessionárias, outras indústrias e a aplicação deverá seguir as normas e resoluções aplicáveis para uso não potável e discutidas anteriormente. A segunda, que diz respeito ao uso do efluente tratado ou não, provenientes da atividade da indústria e aplicado de acordo com os manuais internos de operação dos equipamentos e boas práticas de fabricação (BPF), a depender do uso pretendido. Inclui-se entre as modalidades de macro reuso interno, o reuso do efluente da ETE própria, após tratamento complementar. (HESPANHOL, 2006).

O macro reuso interno neste trabalho seguiu por três modelos. O primeiro é o reuso em cascata, em que o efluente circula etapas subsequentes. Os equipamentos devem contar com coletores diretos no lugar de drenagem centralizada. A utilização de controladores automáticos de qualidade e linha auxiliar com alimentação do sistema convencional são mecanismos de garantia de qualidade e de continuidade do fornecimento. O segundo modelo é o reuso local, gerado em dada etapa do processo produtivo. É possível ocorrer aumento da concentração de contaminantes refratários ao tratamento, e se necessário, deve-se adotar uma variável cujo limite de concentração determine o fim dos ciclos de cada reuso, como o STD (sólidos totais dissolvidos). O terceiro modelo de reuso interno é a distribuição do efluente para etapas de demanda por qualidade compatível e com tratamento viável. (HESPANHOL, 2006).

As formas de reuso podem envolver, desde a recirculação sem nenhum tipo de tratamento até remoção de poluentes em alto nível (ABNT, 1997). Se a tecnologia do tratamento escolhido demandar consumo de água para sua manutenção, como contra lavagens, recomenda-se verificar o equilíbrio geral do consumo de água antes de sua adoção. Outro fator é a viabilidade econômica, em caso de tratamentos mais complexos.

O reservatório deve ser dimensionado considerando o dobro da demanda horária máxima. Tanto em reservatórios quanto tubulação para distribuição, deve-se utilizar placas de advertência e cores, sendo exclusivos para cada classe de água. Em caso de usos diversos partindo do mesmo reservatório, deve ser considerado tratamento que atenda a demanda por qualidade mais exigente (ABNT, 1997).

A implementação das atividades de reuso, está sujeita tanto a instrumentos legais de caráter regulatórios quanto a incentivos (CONAMA, 2005).

2.1.2- CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

A maioria das indústrias tem área de telhado disponível para captação de água de chuva, que pode ser usada como fonte complementar em períodos de chuvas intensas. Os reservatórios devem ser projetados considerando a localização e a demanda industrial. São necessários dados de área de telhado, característica da demanda, histórico pluviométrico e disponibilidade de espaço para reservatórios.

Um sistema de uso de água de chuva se resume entre coleta dos telhados, unidades separadoras de sólidos, reservatório de acúmulo, dosagem de hipoclorito ou tratamento físico-químico (de acordo com necessidade) reservatório, e distribuição. A água pode ser utilizada para usos não potáveis, como descarga, limpeza de jardins, lavagem de veículos de áreas externas e de pisos. Deve ser utilizada sistema próprio de reservação e distribuição identificados (ABNT, 2019).

As normas também definem os parâmetros de qualidade e recomendam a frequência de limpezas do sistema. O volume de chuva aproveitável depende da área de coleta, precipitação anual, coeficiente de escoamento da cobertura e da eficiência do sistema de escoamento e descarte (ABNT, 2019, ABNT, 2007).

2.2. GESTÃO DA DEMANDA

2.2.1 OTIMIZAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS

Entre os aspectos do PCRA, relacionados com otimização, são citadas as etapas de águas de lavagem ou enxágue que geralmente operam com excedente no tempo, e os monitoramentos podem determinar o ponto de finalização da operação de enxágue ou troca de batelada de lavagem. Também se considera adaptações e até a substituição de equipamentos mais sustentáveis (HESPANHOL, 2006).

Soluções que envolvam reuso de água ou uso da água de chuva (pré-tratamentos, tanques reservatórios, tubulações, etc.), devem ser dimensionados após ações de otimização de processo. O mesmo se aplica a planos de expansão ou modificação fabril, cuja eventual modificação da demanda por água deve ser prevista no PCRA (HESPANHOL, 2006).

2.2.2 DEVOLUÇÃO AOS CORPOS HÍDRICOS

A devolução do efluente para natureza em condições de uso faz parte do plano PCRA e leva em conta, não só as diretrizes das leis federais e estaduais, mas também as particularidades do estado, município, bacia hidrográfica e órgãos públicos locais competentes.

No estado de São Paulo cabe à CETESB, entre outras atribuições, o poder de autorizar as fontes de poluição a instalar, construir, ampliar e operar ou funcionar, mediante licenças ambientais bem como fixar, condições a serem observadas pelos efluentes a serem lançados em rede de esgoto (BRASIL, 1976), sendo que as licenças são renováveis e podem ser suspensas, até correções serem feitas.

A disposição de efluente pode ser feita de forma direta ou indireta, tendo como referência o corpo hídrico receptor (CONAMA, 2011). A classificação dos corpos d'água determina a sua qualidade para atendimento ao uso à que se destina.

Tanto a modalidade de lançamento (direto ou indiretamente no corpo hídrico) quanto a classificação dos corpos hídricos norteiam as leis aplicáveis a um empreendimento, além das deliberações específicas dos órgãos gestores da bacia hidrográfica ou órgão ambiental local. (CONAMA, 2005; CONAMA, 2011; SÃO

PAULO, 1976; ENGENHEIRO COELHO, 2009). O esquema da Figura 2 sumariza os critérios de atendimento de qualidade no lançamento (CONAMA, 2011; SÃO PAULO, 1976).

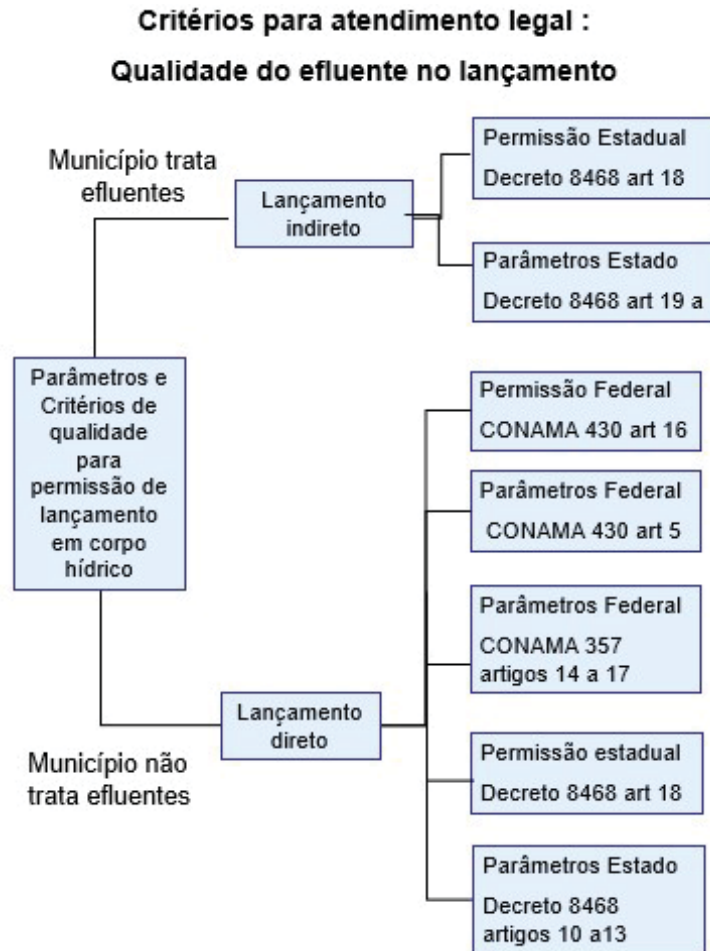


FIGURA 2 - Parâmetros de qualidade e condições para lançamento de efluentes.

FONTE: O Autor (2021) adaptado de CONAMA (2005), CONAMA (2011), SÃO PAULO (1976).

Vários tipos de tratamentos estão disponíveis, e a escolha do tratamento geral de uma operação industrial deve seguir critérios como: capacidade de depuração do efluente por digestão biológica (biodegradabilidade); requisitos legais de disposição, volume da geração; área disponível; e outros critérios inerentes a tecnologia, como clima local (ABNT, 1997; CONAMA, 2005; ABNT, 1993).

2.4 FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSAMENTO DE LARANJAS

As operações das unidades de processamento de frutas, ou casas de embalagem, são constituídas por etapas com objetivo global de evitar perdas por apodrecimento. Uma visão geral do processo industrial está resumida no Quadro 2.

QUADRO 2 - Processo geral das operações de processamento de frutos cítricos

| Etapa da operação | Equipamento | Objetivo |
|------------------------|------------------------------|---|
| Recebimento das caixas | Túnel de tratamento DRENCHER | Aplicação de banho de fungicidas Aumento da vida útil |
| Classificação | Esteiras | Seleção de frutos |
| Pré-lavagem | Balsa | Aplicação de água e hipoclorito Eliminação da sujeira grosseira Redução de perda por podridão |
| Lavagem | Lavadora | Aplicação de detergentes neutros. |
| Enxague | Lavadora | Eliminação de produtos |
| Pré-secagem | Secador | Preparo para a próxima etapa |
| Aplicação de fungicida | Pulverizador | Fungicidas pós-colheita |
| Secagem | Secador | Preparação próxima etapa |
| Aplicação de cera | Aplicador de cera | Aparência e evitar desidratação |
| | Pulverizador de fungicidas | Aumentar a vida útil |
| Secagem | Túnel de secagem | Fixação da cera protetiva |
| Empacotamento | Esteiras | Seleção manual |
| Limpeza das Linhas | Máquinas de pressão | Controle de fungos na operação |

FONTE: Silvia; Donadio (2000).

O processo de beneficiamento faz uso de produtos químicos como fungicidas; detergente; hipoclorito de sódio ou cálcio e cera, além de calor e água. Em virtude de desenvolvimentos tecnológicos há diferenciações entre algumas operações (TERÃO et al, 2017). As etapas de pulverização têm baixo consumo de água e não gera efluentes, já as etapas do Drencher; Balsa e Lavadora são geradoras de efluentes que serão alvo do plano de reuso deste trabalho (Figura 3).



FIGURA 3 - Etapas de lavagem caixas e frutos: Drencher (a) Balsa (b) Lavadora (c)
 FONTE: Aruá (2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O principal recurso utilizado neste trabalho foram informações relativas à localização e ao processo produtivo da operação do estudo de caso, que está situada na área rural do município Engenheiro Coelho, no interior do estado de São Paulo. Há mais de 20 anos no mercado, a empresa está entre as 5 maiores produtoras e embaladoras de laranja e tangerina no Brasil e possui perspectivas para operar no mercado de exportação. Além de 3 fazendas produtoras, dispõe de uma casa de embalagem localizada em Engenheiro Coelho/SP e com logística de distribuição (Figura 4).



Figura 4 – Localização dos principais empreendimentos da operação de estudo de caso, a Alfacitrus, a qual compreende em três fazendas produtoras, dois pontos de comercialização e uma operação da casa de embalagem (Packing House), situada no município Paulista Engenheiro Coelho.

FONTE: Alfacitrus (2021).

A produção de frutas é cerca de 6 mil toneladas/mês sendo 80% para consumo in natura. Possui certificações de qualidade, iniciativas de sustentabilidade voltadas para comunidade e no campo da eficiência energética. Deseja ampliar as iniciativas para o uso sustentável da água.

Quanto a pluviosidade, o município apresenta estação predominante seca, com médias de precipitação < 50 mm, e estação chuvosa, nos meses de dezembro e janeiro, com médias de 222 mm e 237 mm respectivamente (Figura 5).

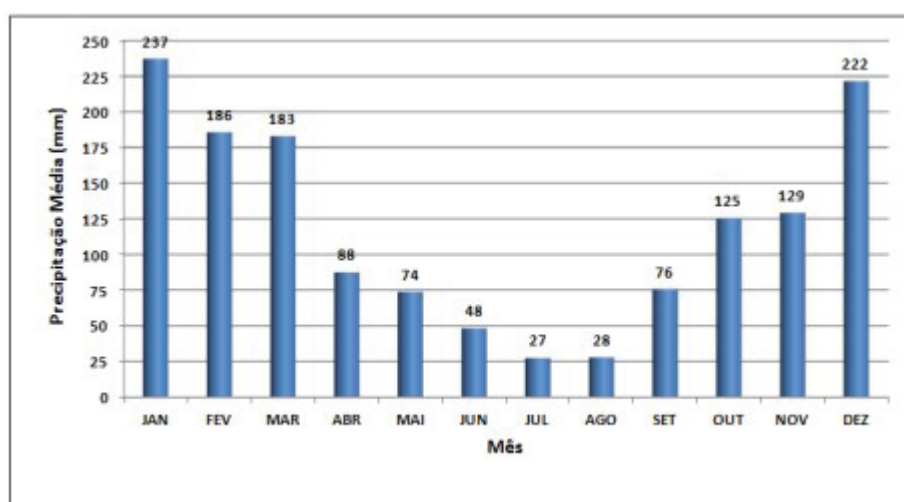


FIGURA 5 - Índice pluviométrico mensal da cidade Engenheiro Coelho.
FONTE: ENGENHEIRO COELHO (2015).

O trabalho foi desenvolvido em fases, sendo que a **primeira fase** compreendeu no conhecimento do processo e definição do escopo para o trabalho. Para a elucidação do fluxograma da operação, foi realizada pesquisa em revistas do setor e validação junto ao Gestor responsável pelo sistema analisado neste estudo. Informações sobre o consumo de água e geração de efluentes nas etapas do processo foram fornecidas. Já as pertinentes ao consumo das áreas administrativas foram estimadas conciliando dados de literatura com informações locais. Todas informações foram obtidas e validadas com o gestor. Na **segunda fase** foi realizado o levantamento legal incluindo a avaliação das implicações em decorrência do intercâmbio do efluente em galerias de escoamento. A **terceira fase** contou com a estratificação dos consumos de água das etapas de processo e demais procedimentos e usos. A **quarta fase** foi a construção de uma malha de

possibilidades de reuso e avaliação prévia da compatibilidade de qualidade e quantidade entre as possíveis ligações das etapas clientes ou fornecedoras de água no plano de reuso. Na **quinta fase** as informações foram organizadas para simulação de cenários de reuso através de interligações dos pontos de geração e consumo de água. Seguiu-se análise em busca por alternativas que possibilitem máximo de aproveitamento com o mínimo de tratamento possível. Foram consideradas normativas disponíveis, equilíbrio entre oferta de demanda, continuidade do abastecimento, operacionalidade e nível de tratamento. Numa **sexta fase**, avaliou-se os impactos que os cenários promoveriam na gestão do processo e na rotina operacional, através da ponderação de alguns aspectos relevantes para qualidade, produtividade.

3.1 PERFIL DA OPERAÇÃO DO ESTUDO DE CASO E ESCOPO

A atividade fabril dispõe de duas linhas de processamento, que compartilham a etapa de lavagem de caixas, realizada pelo Drencher, o qual consome 2m³ de água por dia e opera em bateladas. Em seguida o processo se divide em duas linhas, cada uma contendo uma balsa de lavagem, com consumo de 1.350 L de água em bateladas diárias (total 2,7 m³) e uma lavadora com consumo de 15.000 L (total 30 m³) e em operação contínua. A geração de efluente das etapas de lavagem e enxágue são acopladas. Em cada linha, o processo continua com etapas de aplicação de cera e fungicidas, secagem e empacotamento. O fluxo simplificado das etapas de interesse para este trabalho e o fluxo geral da operação, estão apresentados na Figuras 6.

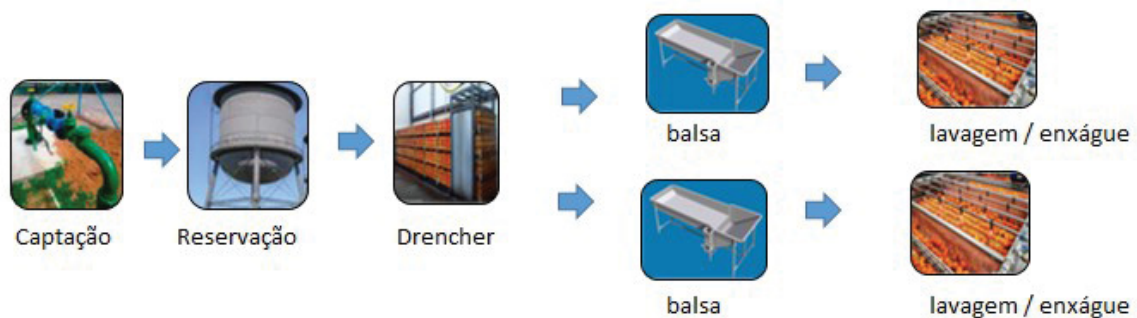


FIGURA 6 - Etapas de processamento de interesse para o plano de reuso.
FONTE O Autor (2021).

Segundo os gestores, a unidade utiliza água de poço, é conectada à rede de coleta e tratamento de esgotos do município. Também tem autorização para juntar efluentes industrial e esgoto doméstico na rede de esgoto sanitária interna. Dispõe de duas redes de escoamento, sendo uma para águas pluviais e outra para esgoto sanitário. Sendo assim, na hipótese de reuso do efluente industrial em operações de limpeza ou em sanitários, não afetaria os critérios de lançamento de efluentes. Por outro lado, se o plano for atender a atividade de irrigação, será necessário avaliar as novas condições legais envolvidas na disposição em solo (ABNT, 1997).

3.2 APURAÇÃO DAS DEMANDAS POR ÁGUA

O método ideal de apuração de consumos para um PCRA é a medição setorizada, feita por instrumentos calibrados. Porém a indisponibilidade desses não é fator impeditivo para o desenvolvimento de um plano confiável de gestão de água. Quanto maior a quantidade de dados de medição direta, melhor a precisão da apuração. A diferença encontrada deverá ser compatível com a taxa de evaporação prevista pelos fabricantes e com vazamentos, perdas e outros eventos não mensuráveis. Um balanço da oferta e demanda hídrica se dá pela comparação entre o total de água captada e o total de utilização e perdas, e ainda pode ser confrontado com o volume de efluente gerado.

O empreendimento dispõe de um único ponto de medição do consumo de água, realizada na captação do poço e não realiza medição na saída do efluente. Não há uso indireto como torres de resfriamento ou caldeiras. Os dados de consumo que foram disponibilizados compreendem ao demandado por cada equipamento, e para os demais usos, cujos dados de consumo não estavam disponíveis, contou-se com dados indiretos para cálculos. A partir destas informações foi possível estimar a captação do poço e estratificar o perfil de consumo da operação em geral. Os desperdícios foram consideradas em cada parcela. (Figura 7).



FIGURA 7 – Balanço entre a captação e as demandas estratificadas por uso.

FONTE: O Autor (2021).

O consumo mensal dos equipamentos das duas linhas fornecido foi convertido em base mensal e está representado na Tabela 1.

TABELA 1 - Demandas diária e mensal por água dos equipamentos do escopo do trabalho

| Equipamentos | Consumo diário (m ³) | Consumo mensal (m ³) |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Drencher | 2,0 | 52 |
| Balsas | 2,7 | 70,2 |
| Lavadoras | 30 | 780 |

FONTE: O Autor (2021)

As operações de limpeza de linha de produção, áreas internas e externas são realizadas diariamente e com máquina de pressão. A irrigação de jardins é feita diariamente e de forma manual (Tabela 2).

TABELA 2 – Parâmetros e apuração da demanda diária e mensal por água das atividades de jardinagem, limpezas prediais (interna e externa) e limpeza de linha.

| Atividades | Limpeza de linha | Predial Interna | Predial Externa | Jardinagem |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Procedimento | Máquina sob pressão | Manual e sob pressão | Manual e sob pressão | Manual chuveiros |
| Consumo teórico (l/min) | 18,6 L/min | 18,6 L/min | 18,6 L/min | 18,6 L/min |
| Tempo médio/dia (h) | 3 h | 1,5 h | 1,5 h | 1,5 h |
| Volume diário (l/dia) | 3.348 L/dia | 1.674 L/dia | 1.674 L/dia | 1.674 L/dia |
| Volume mensal (m ³ /mês) | 87 m ³ /mês | 44 m ³ /mês | 44 m ³ /mês | 44 m ³ /mês |

FONTE: O Autor (2021)

O consumo de água destes procedimentos e o uso em sanitários foram estimados conciliando os dados de consumo da literatura (DEMAE, 2021), com as informações como de frequência e tempo de uso (Tabela 3). A operação conta com 130 a 150 funcionários, em um único turno de trabalho, de segunda a sábado.

TABELA 3 – Parâmetros e apuração da demanda diária e mensal por água para uso em sanitários

| | |
|---|------------------------|
| Número de usuários | 140 pessoas |
| Consumo por válvula cada acionamento | 6 L/acionamento |
| Número de acionamentos diário por pessoa | 4 acionamentos/pessoa |
| Consumo diário total usuários (L/dia) | 3.360 L/dia |
| Consumo mensal total dos usuários (m ³ /mês) | 87 m ³ /mês |

FONTE: O Autor (2021)

Todas as informações foram convertidas para base mensal de 26 dias. Em seguida foi feita a distribuição de acordo com as categorias de uso: industrial (equipamentos Balsa, Drenchers e lavadoras e procedimento de sanitização), limpezas prediais (internas e externas) e usos administrativos ou doméstico (jardinagem e sanitários).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a apuração dos dados de consumo, o total de captação mensal da água de poço foi estimada em 1209 m³, sendo o seu uso distribuído em 82% para fins industriais e 18% para demais usos (limpezas prediais internas e externas, uso em banheiro e jardinagem). O consumo na lavadora corresponde a 65 % do total captado e 79% do uso industrial (Tabela 4).

TABELA 4 – Distribuição do consumo de água por natureza dos usos, bem como as participações no setor e na demanda total de utilização do poço.

| | Dados diários (m ³) | Dados mensais (m ³) | Percentual captação poço | Percentual sobre uso |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Captação e uso | | | | |
| Captação poço | 46,5 | 1.209 | 100% | |
| Geração Efluentes | 44,8 | 1.165 | | |
| Uso setor industrial | 38 | 989 | 82% | 100% |
| Drencher | 2,0 | 52 | 4% | 5% |
| Balsas | 2,7 | 70 | 6% | 7% |
| Lavadoras | 30 | 780 | 65% | 79% |
| Sanitização | 3,4 | 87 | 7% | 9% |
| Uso setor limpeza predial | 3,4 | 88 | 7% | 100% |
| Limpezas internas | 1,7 | 44 | 4% | 50% |
| Limpezas externas | 1,7 | 44 | 4% | 50% |
| Uso setor administrativo | 5,1 | 132 | 11% | 100% |
| Banheiro | 3,4 | 87 | 7% | 66% |
| Jardinagem | 1,7 | 44 | 4% | 34% |

FONTE: O Autor (2021).

A seguir será apresentada a avaliação preliminar para chegar a uma matriz de possibilidades de reuso na operação, considerando aspectos gerais de qualidade, quantidade, drenagem e captação.

4.1 MATRIZ DE POSSIBILIDADES PARA REUSO

Se a captação dos efluente proveniente dos potenciais fornecedores for realizada diretamente na saída dos equipamentos, poderá ser obtido efluente com menor nível de contaminação com os produtos químicos utilizados em outras etapas de processo ou procedimentos, se comparada a captação realizada após mistura com efluentes das demais etapas geradoras. Os equipamentos Drencher, Balsa e lavadoras são dotados de saída para escoamento e poderiam atender esse critério com algumas adaptações. Assim iniciou-se a definição dos clientes e fornecedores do reuso (Figura 8).

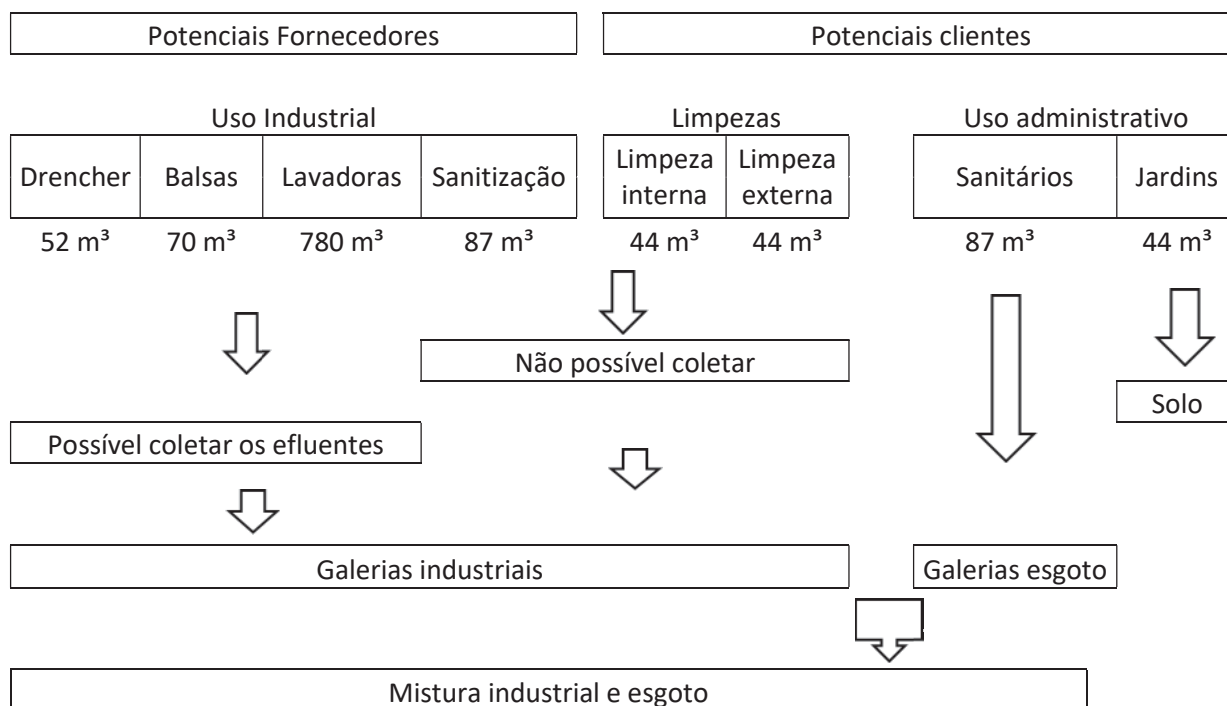


FIGURA 8 – Esquema do fluxo dos efluentes nas galerias internas de escoamento e a possibilidade de coleta diretamente nas fontes geradoras do estudo de caso.

FONTE: O Autor (2021).

Não é recomendado o reuso de efluentes em etapas posteriores do processo e em procedimento de sanitização, já que estaria no contrafluxo dos parâmetros de qualidade. O reuso em cascata abaixo (para etapas anteriores) será considerada, desde que não implique em tratamentos complexos. Ressalta-se que o empreendimento conta com utilizações de menores exigências fora da área de processamento.

As etapas de sanitização, enxágue da lavadora e limpeza interna não poderiam ser substituídas por outra fonte com qualidade inferior à água do poço e, uma vez que são escoados diretamente para o piso (Figura 8), o efluente destas etapas junto do provenientes de usos administrativos poderiam ser fornecedores na hipótese de reuso via ETE. Nesse caso as aplicações seriam restritas (ABNT, 1997).

A lavadora (enxágue) poderia ser fornecedora em cascata, ser distribuidora e ainda fazer reuso local. Na existência de um tratamento viável as balsas poderiam também fornecer em cascata para Drencher. As Balsas e o Drencher podem ser clientes da água de enxágue da lavadora e ainda poderiam fazer reuso local.

As atividades de limpeza externa e sanitários poderiam ser clientes na malha de distribuição. Já o uso em jardinagem demandaria tratamento para eliminação de resíduos pesticidas e detergente. Todas as etapas poderiam ser fornecedoras via ETE. Em qualquer caso um tratamento pertinente deverá ser considerado. O Quadro 3 resume as funções e tipos de reuso potenciais a cada atividade da operação.

QUADRO 3 - Resumo das funções de reuso possíveis em cada etapa da operação.

| ETAPA | CLIENTE | FORNECEDOR |
|---------------------|---------|------------|
| Drencher | C/D | Via ETE/L |
| Balsas | C/D | C/M/L |
| Lavadoras (sabão) | C | Via ETE |
| Lavadoras (enxágue) | NA | C/D/L/M |
| Sanitização | NA | Via ETE |
| Limpezas internas | NA | Via ETE |
| Limpezas externas | D | Via ETE |
| Sanitários | D | Via ETE |
| Jardins | NA | NA |

C - Reuso em cascata D - Distribuído L - Reuso Local NA- Não Aplicável

FONTE: O Autor (2021)

De acordo com o Quadro 3, independente da forma de reuso, os equipamentos de processo são potenciais fornecedores. Porém, o efluente das Balsas e Drencher, além de fungicidas contém sujidades e demandaria de filtros para remoção de sólidos, o que demandaria operação de limpeza e, portanto, um consumo de água, por isso, recomenda-se que o potencial destes seja contabilizado como potenciais clientes, sem excluir a possibilidade de adoção do reuso local.

Mediante os critérios discutidos anteriormente, a Figura 9 resume as interações cliente / fornecedor recomendadas e não recomendadas a seguir adiante na proposição e avaliação de cenários.

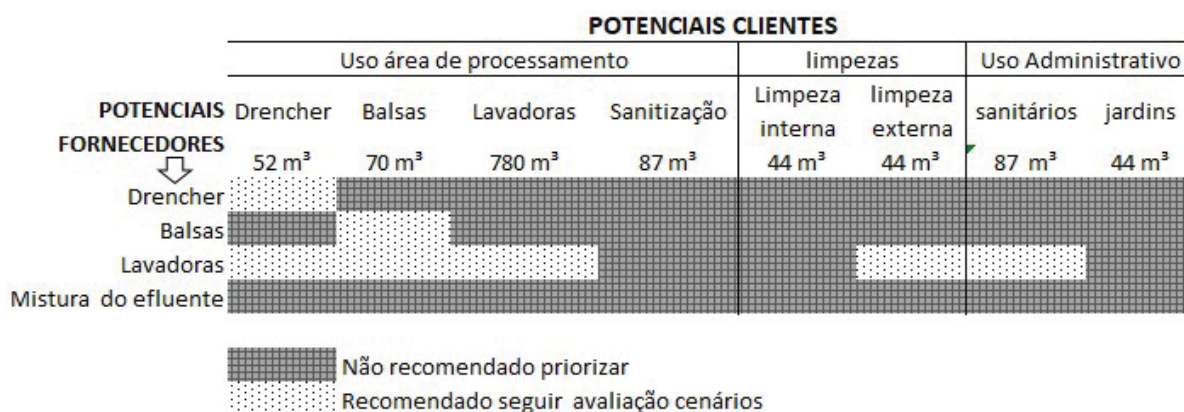


FIGURA 9 - Matriz de possibilidades de reuso: relações entre clientes e fornecedores indicadas a prosseguir na análise de cenários.

FONTE: O Autor (2021)

De acordo com analisado, a lavadora é potencialmente principal fornecedor para reuso interno e seu volume excede a demanda dos potenciais clientes (Figura 10). A separação da água de enxágue pode ser estratégia para obtenção de bom nível de qualidade de água, ou seja, capaz de atender as normas pertinentes com tratamentos de baixa complexidade (ABNT, 1997, SÃO PAULO, 2017).

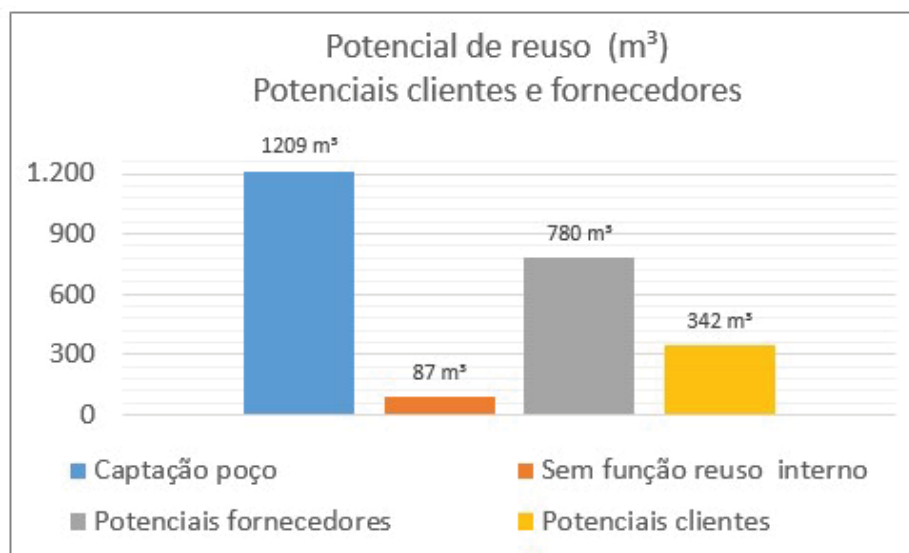


FIGURA 10 – Potencias de oferta e demanda interna para reuso no processo

FONTE: O Autor (2021).

Embora não seja possível prever, prosseguiu-se simulando que é viável a separação das fases da lavagem e do enxague e que este último representa 2/3 da demanda por água do equipamento, o que representaria um potencial máximo de redução de 520 m³ da captação de água do poço.

A partir desta análise recomenda-se avaliar a separação das águas de lavagem e de enxágue do equipamento lavadora como estratégia de otimização do consumo de água e obtenção de efluente com melhor nível de qualidade. Esta implementação poderia viabilizar a participação do Drencher e Balsas como clientes da lavadora no PCRA e ainda, o reuso local nestes equipamentos contribuiria na redução do consumo global de água das etapas de lavagem e pré-lavagem.

4.2 PROPOSIÇÃO DE CENÁRIOS

4.2.1 CENÁRIOS DE OTIMIZAÇÃO E REUSO

O cenário atual de uso de água de poço na operação do estudo de caso pode ser representado pelo esquema da figura 11. A linha de contorno representa a tubulação de distribuição de água de poço, única fonte de abastecimento atual da operação. Na implementação de qualquer forma de uso alternativo de água, o sistema deverá contar com reservatório e tubulação exclusivos e identificados.

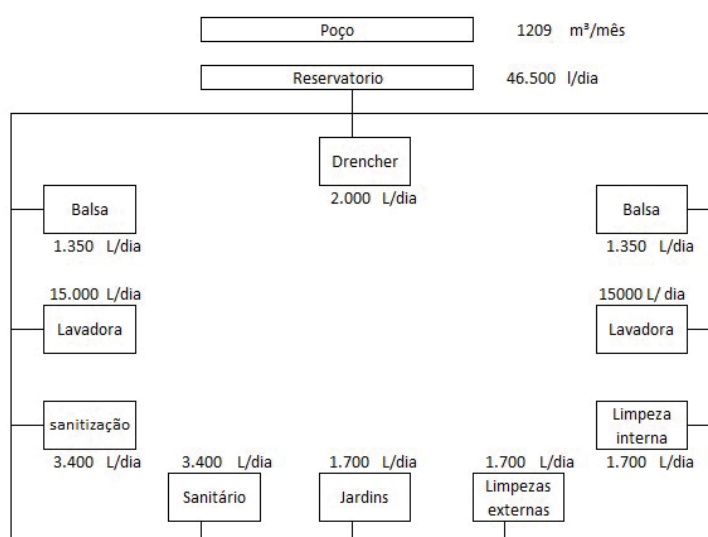


FIGURA 11- Fluxo de distribuição atual da água do poço.

FONTE: O Autor (2021).

A partir da análise realizada até agora, seguiu-se a proposição dos cenários e avaliação dos seus impactos, descritos no quadro 4. Segundo o gestor da operação, os custos com captação e tratamento da água não são significativos, por isso os impactos positivos dos cenários foram avaliados pelo potencial de redução do volume de captação de água.

Quadro 4 – Cenários de inovação e reuso e resumo das adaptações necessárias, dos impactos na rotina e redução da demanda dos poços.

| Cenário e equipamento cliente | Adaptação | Alteração Rotina | Redução Demanda do Poço | |
|--|--|---|-------------------------|------|
| | | | Volume | % |
| Cenário 1 inovação e otimização Lavadora | Segunda entrada de água; Dreno no primeiro e segundo estágio e bandejas coletoras | Monitoramento do Residual de detergente | - | - |
| Cenário 2 Reuso local Balsas | Conexões de saída e retorno Kit filtração e tanque auxiliar | Ajuste Hipoclorito Monitoramento saturação Procedimento regeneração | 23 m ³ | 2 % |
| Cenário 3 Reuso local Drencher | Conexão de saída e retorno kit filtração e tanque auxiliar | Monitoramento saturação Procedimento regeneração | 17 m ³ | 1 % |
| Cenário 4 Reuso: Cascata Lavadoras | Conexão saída do estágio com entrada no primeiro Tanque reservatório | Monitoramento tanque reservatório Limpeza periódica | 260 m ³ | 21 % |
| Cenário 5 Reuso: Cascata Balsas | Quota de 2700 L em tanque reservatório Conexão do ponto de entrada | - | 70,2 m ³ | 6 % |
| Cenário 6 Reuso: cascata Drencher | Quota de 2000 L em tanque reservatório Conexão do ponto de entrada | - | 52 m ³ | 4 % |
| Cenário 7 Reuso distribuído sanitários limpeza externa | Quota de 5100 L em tanque reservatório Conexão do ponto de entrada | - | 132 m ³ | 11 % |

O primeiro cenário propõe a conversão da lavadora em equipamento de dois estágios, ou seja, a separação das fases lavagem e enxágue (Quadro 3).

Através do novo conceito de funcionamento, seria possível o acompanhamento de cada fase de lavagem por meio de testes de qualidade, até obter os melhores ajustes de vazão ou pressão de água e velocidade de esteiras, com o mínimo de consumo em cada estágio do equipamento (SETECNET, 2021). Essa mudança também possibilitaria a otimização de uso de produtos químicos, o que favoreceria o dimensionamento das soluções relacionadas ao tratamento de efluentes da operação. A Figura 12 representa a melhoria proposta.

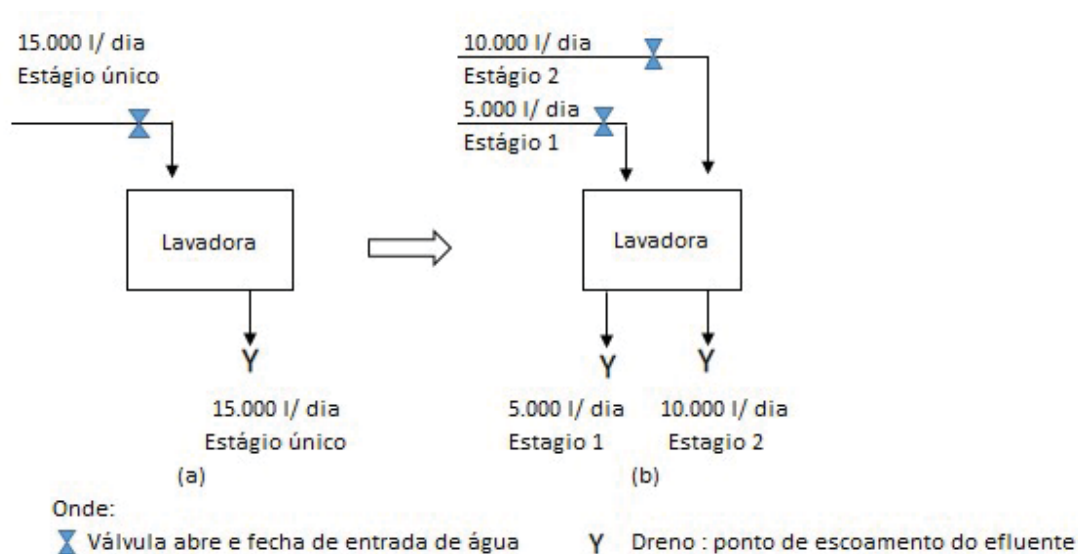


FIGURA 12 – Cenário 1. Representação da conversão da lavadora de equipamento de 1 estágio (Figura 12 a) em equipamento de 2 estágios (Figura 12 b), com entradas de água e saída de efluentes diferenciados para etapas de lavagem e enxágue.
 FONTE: O Autor (2021).

A tarefa demandaria parceria com fabricante do equipamento para avaliação da viabilidade técnica e adequações necessárias, sem comprometimentos do funcionamento (Quadro 3). A eventual separação e otimização, possibilitaria conhecer o verdadeiro potencial do enxágue da lavadora como fornecedor no reuso e evitaria tratamento específico devido a presença de detergente ser incompatível com as propostas das etapas precedentes, que ocorrem no Drencher e Balsa. O cenário 1 parece não alterar significativamente rotina de operação e de monitoramento da qualidade da etapa de lavagem adotado atualmente.

Os cenários 2 e 3 dizem respeito ao reuso local, a partir de filtração contínua ou periódica do banho das Balsas e Drencher, respectivamente. A adaptação deveria ser realizada em parceria com fornecedores. Vários tipos de filtração estão disponíveis no mercado, incluindo membranas e seixos, sendo que a cada ciclo de limpeza, os elementos filtrantes devem ser recuperados ou descartados, a depender da tecnologia (PROCESSO INDUSTRIAL,2021). Em todos os casos deve-se verificar se continuará positivo e relevante o balanço entre a redução de captação promovido pela solução e eventual demanda adicional de água para procedimentos de regeneração ou limpeza. No caso de uso de tecnologias descartáveis deve-se considerar os impactos para a gestão destes resíduos.

Estima-se que cada equipamento precisaria dispor de um kit com sistema de filtração; controle de pressão; tanque de acúmulo além de tubulações de conexão e válvulas (TETRAPACK, 2021). No caso das balsas, o mesmo kit poderia ser utilizado alternadamente entre os equipamentos de ambas as linhas. Impactos de ocupação de áreas devem ser considerados. É possível prever que os banhos possam ser monitorados na rotina operacional para definir o ponto de troca de batelada, a partir de algum parâmetro não removido pela filtração (HESPANHOL,2006). Esse reuso está esquematizado nas Figuras 13 e 14.

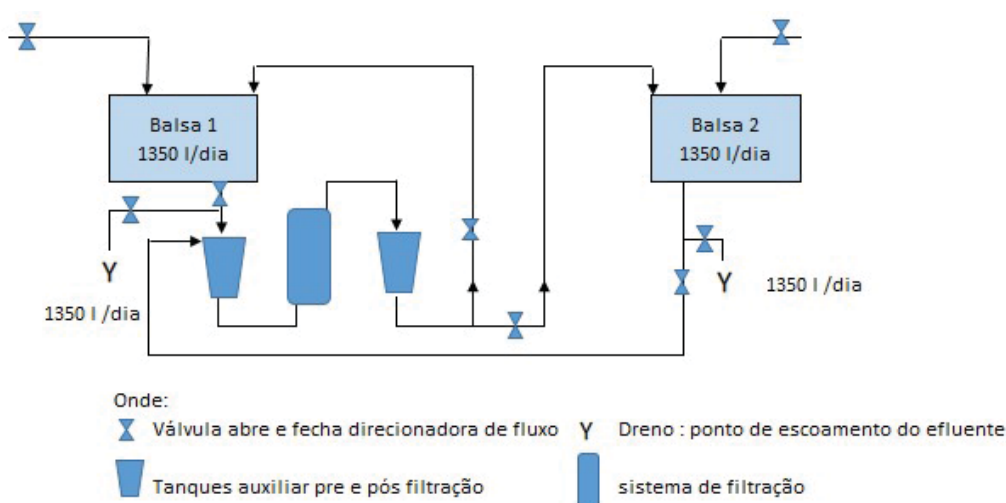


FIGURA 13 - Cenário 2: Reuso local na Balsa. A água da batelada pode ser frequentemente filtrada e retornada a mesma etapa. O mesmo sistema de filtração poderia ser compartilhado entre as duas balsas e utilizado alternadamente.

FONTE: O Autor (2021).

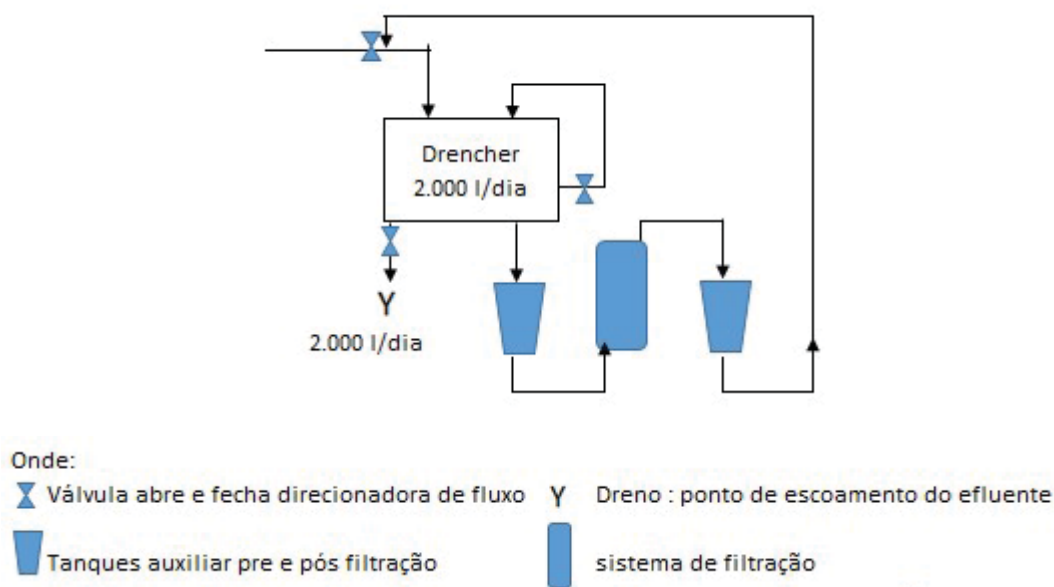


FIGURA 14 - Cenário 3: Reuso local no Drencher. O banho da batelada pode ser frequentemente filtrada e retornada a mesma etapa.

FONTE: O Autor (2021).

Os cenários de reuso local das Balsas (Cenário 2) e Drencher (Cenário 3) preveem inclusão de procedimentos de monitoramento de filtros, regenerações e limpezas e trocas e, de acordo com o fabricante consultado, a perspectiva é redução do consumo em 1 / 3 (Quadro 3). A prática proporcionaria o prolongamento do tempo das bateladas, que hoje é diária. Deve-se considerar que o controle microbiológico neste processo é crítico (TERÃO et al, 2015), e em geral as operações do setor deste estudo de caso funcionam em um turno de trabalho, por isso, em caso de implementação destes cenários, dever-se-ia prever a proliferação microbiológica em decorrência de decaimento do cloro livre residual durante paradas, principalmente no caso da balsa, para que riscos biológicos não sejam introduzidos ao processo. Pelas questões de qualidade, recomenda-se que as soluções envolvendo Drencher e Balsa se concentrem nos objetivos de otimização de processo na via de redução do consumo por batelada, no lugar do prolongamento do seu tempo de uso.

No cenário 4 o primeiro estágio da lavadora passaria a ser cliente do segundo estágio. Numa simulação em que o enxague represente 2/3 do consumo

total da lavadora (560 m³ mês), esta seria capaz de atender toda a demanda de água do estágio 1 (260 m³ mês). Se essa perspectiva estivesse correta e a implementação do cenário fosse viável, a ação representaria redução de 21 % da captação atual (Figura 15).

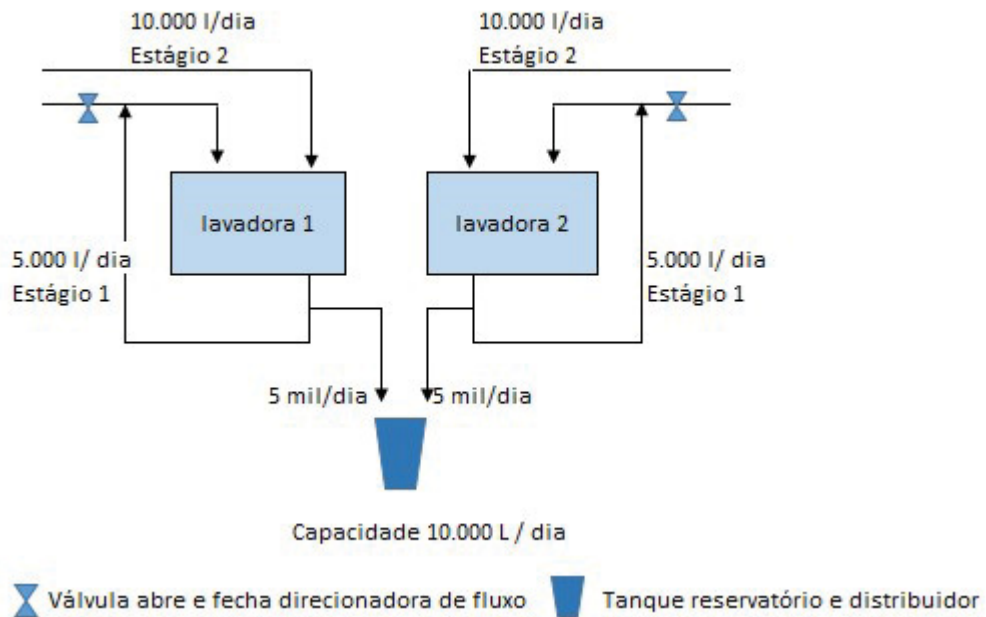


FIGURA 15 – Cenário 4: Reuso em cascata entre estágios 2 e 1 da lavadora.

FONTE: O Autor (2021).

Os cenários 5 e 6 também dependem do cenário 1 e consideram o cascadeamento do enxágue da lavadora para Drencher e Balsas, respectivamente. Na hipótese de implementação de ambos, a queda de consumo da água de poço seria cerca de 10 % (Quadro 3). O cenário 7 prevê o uso da água do estágio 2 da lavadora (enxague) em limpezas e sanitários, como estratégia de aproveitamento dos investimentos e instalações relativos aos cenários 1 a 6. Os parâmetros de qualidade definidos nas normas técnicas para este uso se aplicam aos casos de reuso de efluentes de origem de ETE (ABNT, 1997) e, devido a qualidade superior da água de enxágue, a cloração poderia ser tratamento suficiente para implementação deste cenário. Na possibilidade de traços de detergente estar presente, o cenário 7

já exclui jardinagem. Este cenário tem potencial de redução da captação atual em 11% (Quadro 3).

A Figura 16 mostra um esquema geral da distribuição do cascadeamento e distribuição da água de enxágue da lavadora (cenários 4, 5, 6 e 7).

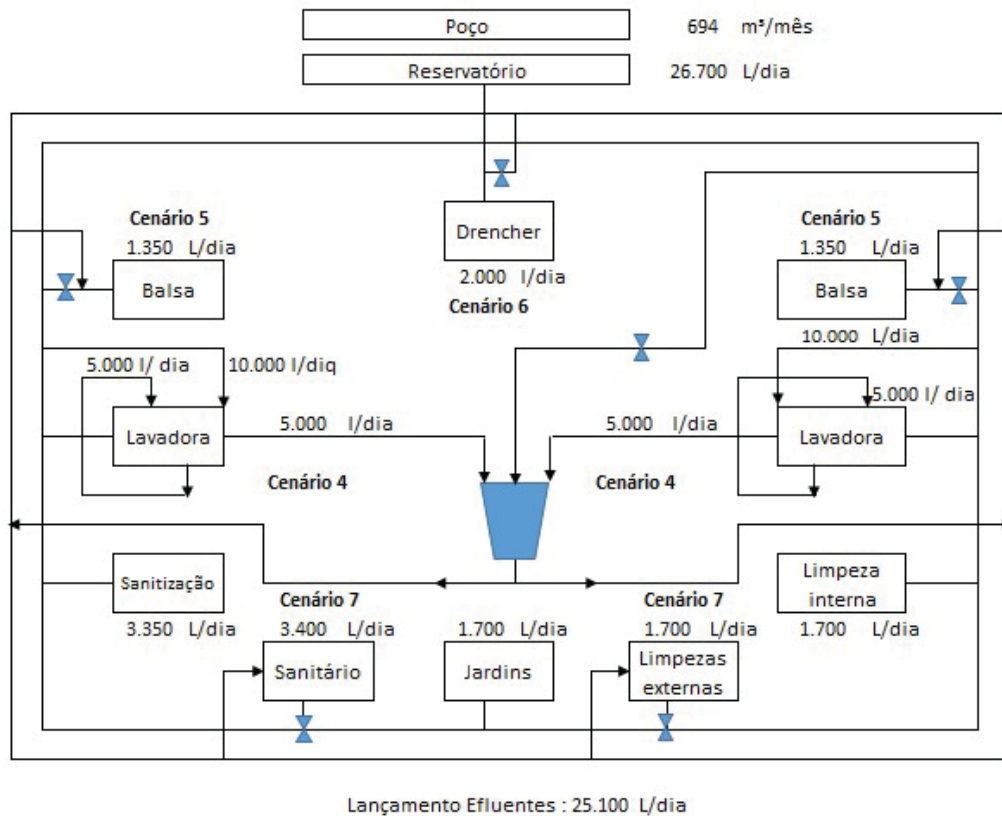


FIGURA 16 – Cenários 1,4,5,6 e 7 - reuso da água de enxágue da lavadora nos segundo estágio do equipamento, Balsas, Drencher, uso em sanitário e limpezas externas, respectivamente - esquematizado em fluxo, contendo: tanque distribuidor, linha exclusiva de abastecimento, linha complementar de abastecimento do poço, válvulas de fechamento das fontes abastecimento nos equipamentos e nos pontos de consumo envolvidos na atividade de reuso.

FONTE: O Autor (2021).

Para os cenários 1, 4, 5, 6 e 7 deve-se considerar um conjunto de modificações no processo, como: bandejas coletoras e condição para coleta separada dos dois padrões de efluentes da lavadora (água com sabão e água de enxágue); monitoramento do residual de detergente (MERCCKMILLIPORE,2021) que

pode ser em linha ou bancada; tubulação e tanque intermediário mínimo de 10 m³ munido de controle de nível e alimentação alternativa do poço para garantir a linearidade de abastecimento; manifold na saída do tanque pulmão; tubulação em anel para abastecimento dos equipamentos envolvidos no reuso. Tubos e reservatórios exclusivos e identificados com placas e cores (TETRAPACK, 2021).

Também se deve atentar para a inativação de trechos de abastecimento ou colocação de conectores do tipo “telefone” dos ramais cujo fluxo de água for interrompido, já que o acúmulo de água (ponto morto) pode promover proliferação de microrganismos até a formação de biofilmes (MICROAMBIENTAL, 2021). O cascadeamento da água de enxague para o estágio 1 da lavadora poderia ser direto, isentando a passagem por tanque reservatório, cujo volume do tanque deveria ser no mínimo 2,1 m³, segundo norma técnica (ABNT, 1997).

Por questões operacionais, pode haver sobra de água de reuso no tanque pulmão no final do dia de produção ou mesmo em períodos de paralização dos drenchers nas entressafras, por isso recomenda-se um sistema de cloração e se as etapas clientes não aceitarem presença de cloro, poderia contar com um filtro de carvão ativado capaz de eliminar o cloro livre no ato do consumo (CLARITEC, 2021). Neste caso, haveria inclusão de procedimentos de contra lavagens, cujo consumo deverá ser considerado no balanço de redução da demanda. Há de se observar a necessidade de sanitização periódica do sistema de reuso e neste caso o tanque seria munido de spray ball. Este consumo também deveria ser debitado. Monitoramentos da concentração de cloro livre, além do controle microbiológico na água do tanque deveriam ser considerados.

Recomenda-se que todo o sistema de modificações seja avaliado pelos fabricantes, incluindo a observância dos critérios de qualidade.

4.2.2 CENÁRIOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Um reservatório para armazenamento da água de chuva é dimensionado com base no índice pluviométrico, área e coeficientes de eficiência do sistema.

Um índice de 119 mm /mês equivale a incidência de 119 L / mês, numa área de 1 m². Portanto, uma área de 2.500 m² se beneficiará com a incidência de 297,5

m³ de água de chuva neste mês. A fórmula para o cálculo do volume de um reservatório de armazenamento de água de chuva, segundo a NBR 15527 (2007) está representada na Equação 1.

$$V = P \times A \times c \times n \quad (1)$$

Onde:

V= volume (anual, mensal ou diário) de chuva aproveitável (L)

P = precipitação média (anual, mensal ou diária) (L/m²)

A= Área da coleta (m²)

C= coeficiente de escoamento superficial da cobertura

n = eficiência de todo sistema de captação

Por medida de segurança e higiene, é necessário realizar descarte do equivalente a uma altura de 2mm /m² da área captada das primeiras águas que entram em contato com o telhado, antes de iniciar a coleta para reservatório, portanto, 2 l /m² em cada evento de chuva.

Considerando que a precipitação mensal média da cidade P= 119 L (Engenheiro Coelho,2015); que a área para captação de água é estimada em A= 2500 m² e os coeficientes C = 0,85 e n = 0,90, o volume de reservatório demandado seria 228 m³ e o volume de desprezo, 5 m³ por evento de chuva (ABNT, 2007).

Os cenários propostos para substituição de parte do uso da água de poço por água de chuva, estão resumidos no quadro 5 a seguir.

Quadro 5 – Cenários para uso de água de chuva, resumo das adaptações necessárias, dos impactos na rotina e redução da demanda dos poços.

| Equipamento | | Adaptação | Alteração Rotina | Redução Demanda | |
|----------------------------------|-----------------------|--|--|--------------------|------|
| | | | | poço | % |
| WC limpeza externa jardins | 8 cliente da chuva | instalação sistema coleta tratamento distribuição paralela e conexões | Monitoramentos e rotinas no sistema de coleta e armazenamento | 176 m ³ | 15 % |
| Drecher | 9 cliente dachuva | distribuição paralela e conexões | Monitoramentos e rotinas no sistema de coleta e armazenamento | 52 m ³ | 4 % |

FONTE: O Autor (2021).

O cenário 8 propõe o uso desta água em limpeza externa, jardins e sanitários. A unidade teria potencial para substituir mensalmente 176 m³ da água de poço pela chuva (Quadro 5) e neste caso, em alguns meses, haveria excedente na oferta de chuva, de acordo com índice pluviométrico e demanda mensais (Tabela 5).

TABELA 5 – Aproveitamento mensal da oferta local de chuva através do cenário 8: coleta, reserva e distribuição para jardinagem, sanitários e limpezas externas.

| Capacidade cisterna: 228 m ³ Demanda dos usos: 176 m ³ | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---|--|
| Mês | Índice pluviométrico L/m ² | Volume chuva telhado (m ³) | Renovação Cisterna | Excedente de oferta de chuva (m ³) | Reserva próximo mês (m ³) |
| Janeiro | 237 | 588 | 2,6 | 412 | 228 |
| Fevereiro | 186 | 460 | 2,0 | 284 | 228 |
| Março | 183 | 453 | 2,0 | 277 | 228 |
| Abril | 88 | 215 | 0,9 | 39 | 39 |
| Maio | 74 | 180 | 0,8 | 4 | 4 |
| Junho | 48 | 115 | 0,5 | -61 | 0 |
| Julho | 27 | 63 | 0,3 | -114 | 0 |
| Agosto | 28 | 65 | 0,3 | -111 | 0 |
| Setembro | 76 | 185 | 0,8 | 9 | 9 |
| Outubro | 125 | 308 | 1,3 | 132 | 132 |
| Novembro | 129 | 318 | 1,4 | 142 | 142 |
| Dezembro | 222 | 550 | 2,4 | 374 | 228 |
| Média mês | 119 | 291 | | 1.386 | |

FONTE: O Autor (2021).

O cenário 9 se propõe a incluir a água de chuva tratada como fornecedor para Drencher (Quadro 4). A norma técnica para aproveitamento de água de chuva não prevê essa natureza de uso. (ABNT, 2019), por outro lado não descarta explicitamente. Nessa aplicação, não haveria ingestão da água nem contato com a pele dos operadores e ainda, as etapas de processamento posteriores contam com ação de agentes de controle microbiológico como hipoclorito e detergente com posterior enxágue abundante. Relevante citar que desenvolvimentos de tratamentos estão em curso, e que as revisões de norma também podem vir a acompanhar os novos acessos tecnológicos para o atendimento do mercado, incluindo as indústrias.

Eventual inclusão do Drencher como clientes da água de chuva possibilitaria otimizar o uso da oferta de água em períodos de chuva intensa. (Tabela 6). Para

dimensionar os cenários 8 e 9 foi adotada uma hipótese de área e não foi considerada sazonalidade do setor, fato que pode mudar a interpretação.

TABELA 6 - Aproveitamento mensal da oferta local de chuva através dos cenários 8 e 9: coleta, reserva e distribuição para jardinagem, sanitários, limpezas e Drencher.

Capacidade cisterna: 228 m³
Demanda dos usos: 228 m³

| Mês | Índice pluviométrico L/m ² | Volume chuva telhado (m ³) | Renovação da Cisterna | Excedente de oferta de chuva (m ³) | Reserva próximo mês (m ³) |
|-----------|--|---|-----------------------|---|--|
| Janeiro | 237 | 588 | 2,6 | 360 | 228 |
| Fevereiro | 186 | 460 | 2,0 | 232 | 228 |
| Março | 183 | 453 | 2,0 | 225 | 225 |
| Abril | 88 | 215 | 0,9 | -13 | 0 |
| Maio | 74 | 180 | 0,8 | -48 | 0 |
| Junho | 48 | 115 | 0,5 | -113 | 0 |
| Julho | 27 | 63 | 0,3 | -166 | 0 |
| Agosto | 28 | 65 | 0,3 | -163 | 0 |
| Setembro | 76 | 185 | 0,8 | -43 | 0 |
| Outubro | 125 | 308 | 1,3 | 80 | 80 |
| Novembro | 129 | 318 | 1,4 | 90 | 90 |
| Dezembro | 222 | 550 | 2,4 | 322 | 228 |
| Média mês | 119 | 291 | | 762 | |

FONTE: Autor (2021)

O sistema de captação e uso de água de chuva funciona melhor se automatizado e sua instalação demanda: calhas em telhados, reservatório, sistema de descarte das primeiras chuvas preferencialmente automático; filtração grosseira e tratamento mínimo para enquadramento em qualidade, cisternas e tubulações exclusivos e identificados (ABNT, 2007; ABNT, 2019).

Na hipótese de implementação dos cenários (8 e 9) de forma conjugada, estima-se um potencial de redução de cerca de 19 % de água captada.

Recomenda-se que na eventual inclusão da captação de água de chuva no PCRA, sejam realizadas medições internas e que medidas de redução de consumo sejam tomadas, para o dimensionamento baseado na demanda já otimizada.

4.2.3 AVALIAÇÃO GERAL DOS CENÁRIOS

As alternativas aqui apresentadas não esgotam as possibilidades, e a sondagem de opções de mercado e outros critérios em nível estratégicos nortearão a construção de novos cenários e composições.

Avaliação criteriosa deverá ser conduzida para os cenários 2 (reuso local na balsa) e 3 (reuso local no Drencher), já que demandam adaptações e intervenções operacionais e provável consumo de água para sua manutenção, enquanto promoveria redução de 40 m³ da captação (3%) (Quadro 4).

Os usos administrativos (limpezas, sanitários e jardins) poderiam ser clientes da água de chuva, porém dado o alto consumo da lavadora e sua geração abundante de efluente, o cenário 7 foi incluído neste estudo.

A Figura 17 ilustra a participação de redução dos cenários 4 a 7 (Quadro 4), considerando ser viável a exploração do potencial da água de enxágue da lavadora atual e ainda, considerando que este represente 2/3 (520 m³) da demanda total do equipamento (780 m³). Podemos observar que os cenários 4 a 7 (reuso da água de enxágue da lavadora no primeiro estágio da lavagem, Balsas, Drencher, limpezas e sanitários) apresentariam proposta de redução compatível com a oferta simulada do enxágue da lavadora.

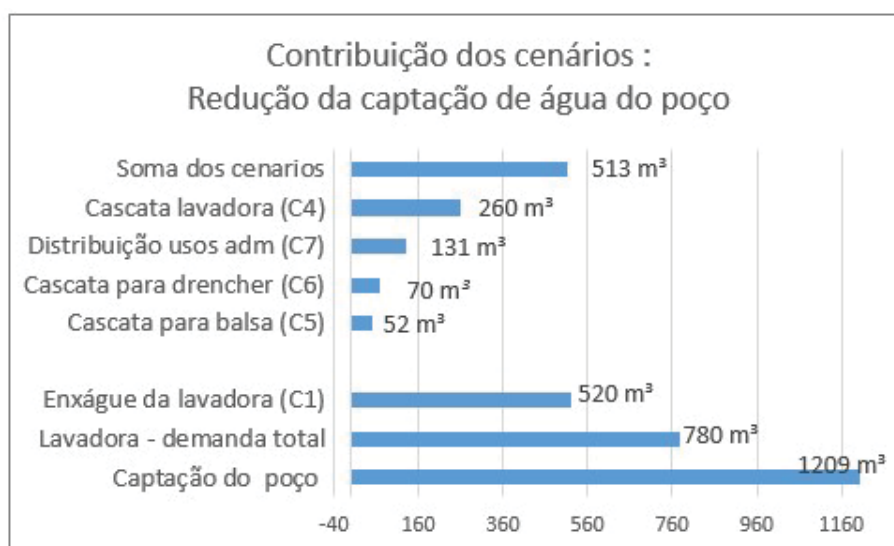


FIGURA 17 - Contribuição dos cenários 4,5,6 e7 para redução do consumo de água do poço e aproveitamento do potencial simulado da água de enxágue da lavadora.

FONTE: O Autor (2021).

A simulação da distribuição do consumo da água do poço antes e após a suposta implementação dos cenários 1, 4, 5, 6 e 7 pode ser observada na tabela 7. Estes cenários juntos promoveriam redução de cerca de 43% da captação atual do poço, ou seja, uma economia de 515 m³/mês, sem considerar a sazonalidade da operação, uma projeção de redução de 6.180 m³/ ano. A redução da geração de efluentes sofreria uma redução de 44%, o que favoreceria as soluções de tratamento, nos aspectos de custo e de demanda por área. O consumo total utilizado nos equipamentos Drencher, Balsa, sanitários, limpezas externas e parte do consumo da lavadora, não demandariam captação da água do poço (Tabela 7).

TABELA 7- Simulação da redução da captação dos poços, pós implantação dos Cenários 1, 4, 5, 6 e 7.

| Natureza Consumo | Antes (m ³ /mês) | Depois (M ³ /mês) | Redução (%) |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Total captação poço | 1.209 | 695 | 43% |
| Total Geração Efluentes | 1.165 | 651 | 44% |
| Uso industrial | 989 | 607 | 39% |
| Drencher | 52 | 0 | 100% |
| Balsas | 70 | 0 | 100% |
| Lavadoras/lavagem | 260 | 0 | 100% |
| Lavadoras/enxague | 520 | 520 | 0% |
| Sanitização | 87 | 87 | 0% |
| Uso em limpezas prediais | 88 | 44 | 50% |
| Limpezas internas | 44 | 44 | 0% |
| Limpezas externas | 44 | 0 | 100% |
| Usos administrativos | 132 | 44 | 67% |
| Sanitários | 87 | 0 | 100% |
| Jardinagem | 44 | 44 | 0% |

FONTE: O Autor (2021)

Na Tabela 8 foi simulada uma representação dos consumos em relação a captação total, após aplicação dos cenários 1, 4, 5, 6 e 7. A etapa de lavagem continuaria a ser prioritária nas ações de PCRA, e ainda representaria 75 % do

consumo da água de poço e esta perspectiva revela que ações sobre a lavadora devam ir além dos cenários discutidos (Tabela 8).

O consumo dos equipamentos balsas (70 m³/ mês) e Drencher (50 m³/ mês) foram encobertos pela abundância da oferta simulada do primeiro estágio da lavadora (água de enxágue) e juntos representariam oportunidade de redução de 18% neste suposto novo cenário de consumo. O mesmo ocorre com o primeiro estágio da lavadora (260 m³/ mês) que representaria um potencial de redução ainda de 37 % da nova captação projetada.

TABELA 8- Comparação da participação dos usos da água de poço. Simulação antes e pós implantação dos cenários 1, 4, 5, 6 e 7.

| Natureza do consumo | Participação Antes (m ³ /mês) | Participação Depois (m ³ /mês) |
|------------------------------|--|---|
| Total captação poço | 1.209 | 695 |
| Total geração Efluentes | 1.165 | 651 |
| Uso industrial | 82% | 87% |
| Drencher | 4% | 0% |
| Balsas | 6% | 0% |
| Lavadoras | 65% | 75% |
| Sanitização | 7% | 13% |
| Uso limpezas prediais | 7% | 6% |
| Limpezas internas | 4% | 6% |
| Limpezas externas | 4% | 0% |
| Uso administrativo | 11% | 6% |
| Sanitários | 7% | 0% |
| Jardinagem | 4% | 6% |

FONTE: O Autor (2021).

Fica evidente que para uma redução expressiva do consumo de água na operação, deveriam ser aplicados esforços para revisão do conceito de funcionamento das etapas lavadora, drencher e balsa.

Se o enxágue da lavadora representar parcela menor do que a considerada neste trabalho (2/3 do total atual da lavadora), o plano de reuso ficaria mais

dependente de tratamento avançado ou mudaria a cobertura da distribuição da água de reuso deste equipamento.

Ações de otimização do conjunto de lavagem (Lavadora, Balsa e Drencher) podem alcançar resultados significativos e ainda reconfigurar este plano de reuso.

O PCRA da unidade em estudo prioriza a redução dos consumos dos equipamentos de lavagem, seja pelas ações de conversão da lavadora e otimização do processo de lavagem; pela inclusão de tratamento avançado do efluente da lavadora ou pela renovação do parque industrial atual. Esta decisão estratégica viria a partir da análise financeira de cenários como estes aqui apresentados.

Ressalta-se que tecnologias cada vez mais sustentáveis chegam ao mercado e é possível o desenvolvimento de equipamentos com conceito de lavagem que sejam capazes de desempenho ótimo em geração, a ponto de reconfigurar os cenários aqui discutidos e manter o ambiente de circulação na área industrial menos ocupada de equipamentos auxiliares para reuso.

4.3 TRATAMENTO E DEVOLUÇÃO AO MEIO AMBIENTE

É possível que, com as ações de redução da captação de água, o efluente global da operação sofra aumento da concentração dos parâmetros de qualidade. Já as ações de otimização de processos podem implicar em redução de consumo e lançamento de produtos químicos. Não é possível prever qual será o novo ponto de equilíbrio, mas pode-se esperar que ocorra concentração da carga orgânica.

Na situação atual de geração de efluentes, a parcela do efluente industrial está em 41 m³ e do doméstico em 3 m³ diário. Na suposição de implementação dos cenários 1, 4, 5, 6 e 7, a parcela industrial de efluente reduziria para 25m³ e a fração doméstica se manteria. Isso representaria uma concentração de 7% para 13%, o que favorece os sistemas baseados em digestão biológica, principalmente se a mudança vier acompanhada de otimização de uso de produtos químicos. Com a perspectiva de alcançar cenários ainda mais eficazes de redução de captação e geração de efluente industrial, acredita-se ser possível atingir dimensionamento e eficácia de tratamento compatível com unidades biológicas (ABNT, 1997).

O efluente industrial devidamente tratado poderia ser reutilizado em jardins, limpezas e sanitário. Embora não haja dados suficientes para previsões, supõe-se

que a água de chuva atenderia aos mesmos usos e aparentemente com estrutura de implementação mais simples.

4.4 GESTÃO DA ROTINA E MELHORIA CONTÍNUA

O sistema de apuração de dados para este trabalho não explicitou quota de desperdícios nesta operação. Portanto, serão listadas oportunidades comuns em processos desta natureza, sem correlação quantitativa com os potenciais ganhos no estudo de caso.

Recomenda-se observar, no processo produtivo, eventuais vazamentos em conexões provenientes de excesso de pressurização em linha, vedações fora do prazo de validade, encaixes inadequados, etc.

Perda por desregulagens, operação em vazio e transbordos de tanques por falta de automação podem contribuir para o desperdício. O uso de sensores e áreas de acúmulo poderiam ajudar na sincronia e otimização do uso da água.

As operações de limpezas e sanitização podem representar consumo relevante e muitas oportunidades podem existir nos procedimentos e padronizações.

A operação de jardinagem poderia contar com um projeto de uso de aspersores. Também pode ser relevante o desperdício de torneiras e válvulas de sanitários inerentes ao conceito do modelo instalado ou mesmo desregulagens.

Treinamento de pessoal dão suporte na cultura do uso consciente, gerando a participação dos colaboradores no processo de melhoria contínua.

A utilização permanente de indicadores chave de consumo de água no local e o compartilhamento de práticas entre as operações do setor poderia ser um aliado no processo melhoria contínua para a gestão sustentável da água (Figura 18).

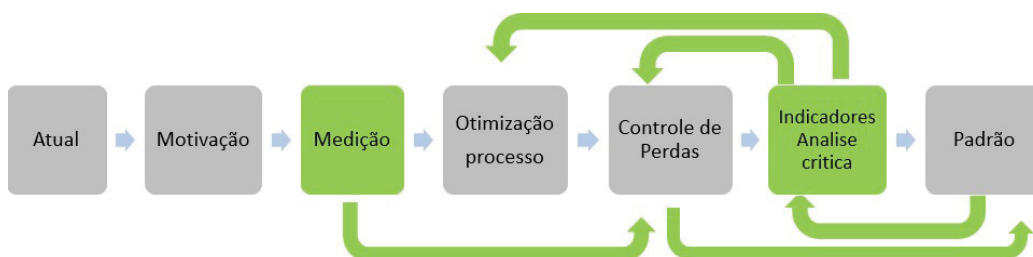


FIGURA 18- Fluxo de implementação da Gestão sustentável das águas e o PCRA.

FONTE: O Autor (2021).

A gestão sustentável de um empreendimento começa com a prática da medição, indispensável para um PCRA e para o controle de perdas e desperdícios, tarefa que deve ser contínua no ciclo de melhoria, padronizações e análises críticas.

5 CONCLUSÕES

A eventual aplicação do reuso de efluentes originário de Estação de tratamento de efluentes da operação industrial, neste estudo de caso, se traduziria em redução de cerca de 15% da captação de água do poço, já o reuso dos efluentes das etapa industrial, cerca de 43 %.

Em matéria de critérios de qualidade da água de reuso oriundo das etapas industriais, tanto os manuais internos de boas práticas de fabricação quanto os manuais dos fabricantes de equipamentos poderão ser mais norteadores que as normas ABNT disponíveis.

O compartilhamento de informações entre as operações do setor de citricultura de mesa como: otimizações, inovações, parâmetros de qualidade e desempenho no consumo, poderia impulsionar a gestão sustentável da água.

No estudo de caso, o principal alvo de ações no tema reuso é a lavadora, que consome cerca de 65 % da água captada e gera um efluente de boa qualidade, que é o enxágue. Caso a conversão do equipamento fosse viável tecnicamente, poderia proporcionar a otimização desta etapa e favorecer o plano de reuso interno. Uma criteriosa avaliação da viabilidade de revisão do conceito deste equipamento se mostra ação prioritária no PCRA.

Na hipótese da conversão da atual lavadora em equipamento de dois estágios ser tecnicamente viável e, na possibilidade de aplicação dos cenários apresentados, a redução do consumo total de água poderia ser ainda maior, com otimizações dos processos de lavagem e enxágue.

Os cenários de reuso aqui explorados demandam adaptações e rotinas de monitoramento, manutenções periódicas e alteram o lay out da instalação, bem como o aval da equipe operacional, de qualidade e fornecedores, para as questões de eficácia, operacionalidade, etc.

A etapa de lavagem continuaria a ser prioritária nas ações de PCRA, e mesmo com a suposta implementação dos cenários simulados, ainda representaria

75 % do consumo da água de poço. Os equipamentos Drencher e Balsas ainda guardariam oportunidade de redução, estimado junto em 18%. O mesmo ocorre com o primeiro estágio da lavadora (260 m³/ mês) que representaria um potencial de redução ainda de 37 % da nova captação simulada. Estas perspectivas revelam que ações sobre reuso devem ir além dos cenários discutidos.

É recomendável consultar as opções de tecnologias no mercado e comparar as propostas de ganhos e investimentos financeiros e demais impactos envolvidos na implementação destes cenários de reuso. Um cenário que considere substituição de ativo dentro de uma estratégia de renovação do parque industrial pode simplificar o PCRA e dar possibilidade o surgimento de outras composições de cenários para implantação gradativa do plano, incluindo captação de água de chuva.

A captação de água de chuva poderia gerar uma redução de consumo de até 19% da água do poço. Porém recomenda-se que esta alternativa entre no PCRA no nível de prioridade posterior a revisão da etapa das lavadoras.

O reuso de efluentes de acordo com a norma técnica, demandaria tratamento complementar de ETE, e considerando as mesmas modalidades de aplicação, um projeto de captação de água de chuva se mostraria mais simplificado e com potencial de ampliar as modalidades de aplicações.

As ações de redução de captação de água de poço pressupõem uma redução de 43 % do volume de efluente atualmente gerado, fato que favorece projetos de ETE quanto dimensionamento e custo e disponibilidade de área.

A gestão da otimização de processo e eliminação de desperdícios devem ser prioridade num PCRA, a fim de evitar superdimensionamentos e contribuir para a viabilidade técnica, operacional e financeira dos projetos identificados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em eventual elaboração do PCRA, recomenda-se que a operação do estudo realize medição setorizada direta, ou seja, realize a leitura da retirada real diária do poço, simultaneamente a medições nos pontos de uso no mesmo período. Na ausência de medidores tabelas específicas de apuração de dados em cada etapa de consumo poderiam ser utilizadas. Também dados históricos das variações anuais (sazonalidade da produção) de consumo deveriam ser evidenciadas no sistema de

medição. Tais providências, além de maior abrangência e precisão dos dados, vão permitir melhor estimativa dos desperdícios, além de elucidar a sazonalidade da demanda por água, favorecendo dimensionamentos dos eventuais projetos e ainda elucidar outros cenários na tomada de decisão.

Recomenda-se que o escopo do PCRA passe pela implementação nas ações de otimização das demandas internas e revisão de métodos de trabalho. Paralelamente, a análise das novas tecnologias deveria seguir práticas de benchmarking, avaliação financeira, podendo se valer de testes em escala piloto. As respostas de tais ações (operacionais e gestão) poderão suportar outras perspectivas de cenários.

7- REFERÊNCIAS

ARUÁ tecnologia pós colheita de Citrus. Disponível em: <<https://www.arua.com.br/maquinas-arua/>>. Acesso em: 30/9/2021.

ABCM Associação Brasileira de Citros de mesa. Disponível em <<http://abcm.agr.br>>. Acesso em: 31/1/2021

ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos exportadores de frutas e derivados. Disponível em <<http://www.abrafrutas.org.br>>. Acesso em: 31/1/2021.

ALFACITRUS- Programa Bem Terra 2020: **Procura por laranja aumenta 30% no início de abril por conta do Corona vírus.** Disponível em <<https://www.alfacitrus.com.br/noticias/o-cenario-da-producao-de-laranja-em-meio-ao-coronavirus/>>. Acesso em: 31 /1/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.969.** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527.** Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas pra fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527.** Aproveitamento de coberturas pra fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430**, de 13 de Maio de 2011. Brasília. DF, 2011.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de Março de 2005. Brasília. DF, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Brasília. DF, 2005.

CLARITEC **tecnologias filtrações e tratamento de água** <<http://www.claritec.com.br/>>. Acesso em: 30/10/2021

CNI Confederação Nacional da Indústria. **Uso da água no setor industrial Brasileiro: Matriz de coeficientes técnicos.** Brasília: Multimídia, 2013.

DEMAE. Disponível em <<https://www.demae.go.gov.br/projetos/consumo-de-agua/>>. Acesso em: 7/10/2021

HESPANHOL, I; MIERZWA, J.C.; RODRIGUES, L. D. B.; SILVA, M. C.C. **Manual de conservação e reuso de água na indústria**. RJ. Sistema FIRJAN, 2006.

INVESTE. Disponível em <<https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/agronegocios/laranja/>>. Acesso em: 28/9/2021.

MERCK MILLIPORE <https://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Surfactants-anionic-Cell-Test,MDA_CHEM-102552>. Acesso em: 28/10/2021

MICROAMBIENTAL <<https://microambiental.com.br/analises-de-agua/servicos-de-higiene-em-sistemas-de-agua/como-os-biofilmes-influenciam-na-qualidade-da-sua-agua/>>. Acesso em: 28/10/2021

ONU BRASIL <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 9 /10/2021.

PROCESSO INDUSTRIAL <<https://processoindustrial.com.br/categoria-produto/peneiras-industriais/telas-metalicas/>>. Acesso em: 28/10/2021.

ENGENHEIRO COELHO E CONSORSIO ENGERCORPS. **Proposta de Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico - Município: Engenheiro Coelho**, 250 p. Engenheiro Coelho, 2015.

SÃO PAULO Resolução Conjunta SES/SMA/SSR n° 01, de 28 de Junho de 2017.

SÃO PAULO. Decreto Estadual n° 54.487, de 26 de junho de 2009. SP, 2009

SÃO PAULO. Decreto Estadual n° 8.468, de 08 de Setembro de 1976. SP, 1976.

SÃO PAULO. LEI 997 de 31 de maio de 1976. SP, 1976.

SETEC Gestão da produtividade <<https://setecnet.com.br/home/gestao-da-productividade/>>. Acesso em: 27/10/2021.

SILVIA, J.A. R.; DONADIO, L. C. **Pós colheita de Citros**. Boletim Citrícola, jun n ° 13, Jaboticabal FUNEP, 2000, 64p.

TETRA PACK <<https://www.tetrapak.com/pt-br/innovation/solutions>>. Acesso em: 27/10/2021.

TERÃO, D.; CAMPOS, J.S.C.; BENATO, E.A.; HASHIMOTO, J. M **Estratégia Alternativa no Controle de Doenças Pós-colheita de Manga (Mamífera indica L.) pelo Uso de Baixa Dose de Irradiação Ultravioleta-C**. Food Engineering Rev 7, 171-175, 2015.

TERÃO, D.; NECHET, K.L; PONTE, M.S.P.; MAIA A.H.N.; ANJOS, V. D. A.; VIEIRA, B.A.H. **Physical postharvest treatments combined with antagonistic yeast on the control of orange green mold**, Scientia Horticulturae, Volume 224, 317-323, 2017.