



Ministério da Educação

**Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e**

Território

Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura

Engenharia Civil de Infraestrutura

FILTRO NATURAL APLICADO AO TRATAMENTO DA ÁGUA NA COMUNIDADE INDÍGENA DE KILLUYACU ALTO- EQUADOR.

Jaime Orlando Robayo Bolaños

Foz do Iguaçu, PR

Junho de 2018



Ministério da Educação

**Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e**

Território

Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura

Engenharia Civil de Infraestrutura

FILTRO NATURAL APLICADO AO TRATAMENTO DA ÁGUA NA COMUNIDADE INDÍGENA DE KILLUYACU ALTO- EQUADOR.

Jaime Orlando Robayo Bolaños

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da UNILA, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Jiam Pires Frigo

Co-orientadora: Prof^o. Samara Silva de Souza

Foz do Iguaçu, PR

Junho de 2018

Dedicado para minha família pelo seu apoio incondicional.

Agradecimento

Agradeço a meus pais Luis e Isabel, pela motivação constante para atingir minha meta, obrigado.

A meu irmão Jose Luis, pelo seu incentivo e apoio que foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

A meu orientador de Jiam Pires Frigo e a minha co-orientadora Samara Silva de Souza, pela dedicação, tempo e motivação que me foi oferecido para a culminação deste trabalho.

A Jeniffer Sánchez, meu amor e companheira nesta difícil batalha, por me brindar seu apoio incondicional e ajuda.

Ao Governo Autônomo Descentralizado Municipal de Tena (GAD-MT) por me permitir utilizar suas instalações para o desenvolvimento deste trabalho, em especial à engenheira Alba Almeida laboratorista da estação de tratamento da água Colonso, que sem ela não seria possível a obtenção dos resultados indispensáveis neste trabalho.

À comunidade de Killuyacu e a todos os que participaram na construção e desenvolvimento do trabalho, a Pamela e Marahia Guevara pela ajuda oferecida na construção e coleta das amostras.

RESUMO

O filtro natural aplicado ao tratamento da água pluvial na comunidade indígena de Killuyacu Alto na província de Napo no Equador tem como finalidade melhorar a qualidade da água para consumo humano através da proposta de um sistema de filtração natural lento de baixo custo e instalação simples. A água usada atualmente para consumo da comunidade Killuyacu Alto é captada num manancial localizada numa caverna á montante, armazenada e transportada por gravidade até a comunidade sem passar por nenhum tratamento. O estudo visa promover soluções para o consumo de água potável na região amazônica do Equador, melhorar a saúde nas povoações mais vulneráveis do território amazônico, através de um tratamento de água simplificado, e além disso, reduzir as doenças provocadas pelo consumo de água de baixa qualidade. Para isso, foi realizado um estudo socioeconômico e levantamento de dados na comunidade, extração e coletas de amostras de água no sistema de abastecimento, análise e avaliação dos padrões de potabilidade antes e depois da implantação do filtro natural para a comparação da qualidade da água. O projeto forneceu uma melhoria na qualidade da água pela implantação do sistema de filtração natural lenta, embora não foi possível atingir a qualidade necessária para o consumo humano.

Palavras-chave: Filtração lenta; Água potável; Saneamento; Qualidade da água; Manancial.

ABSTRACT

The natural filter applied to the treatment of rainwater in the indigenous community of Killuyacu Alto in the province of Napo in Ecuador aims to improve the quality of water for human consumption through the proposal of a slow natural filtration system of low cost and simple installation. The water currently used for consumption by the Killuyacu Alto community is taken from a source located in an upstream cave, stored and transported by gravity to the community without undergoing any water treatment. The study promoted solutions for the consumption of drinking water in the Amazonian region of Ecuador and improve health in the most vulnerable settlements in the Amazonian territory through a simplified water treatment and also reduce diseases caused by the consumption of low quality water. For this, a socioeconomic study and community data collection, extraction and collection of water samples were carried out in the supply system, the potability standards were analyzed and evaluated before and after the implantation of the natural filter, if we compare the quality of the water. The project provided an improvement in water quality through the implementation of the slow natural filtration system, although it was not possible to reach the required quality for human consumption.

Keywords: Slow filtering, drinking water, sanitation, Quality of water, water spring.

Lista de Figuras

Figura 1. Principais tecnologias de tratamento de água bruta.....	14
Figura 2. Classificação dos tipos de filtros empregados no tratamento de água.	19
Figura 3. Tipos de consumo de água pela população equatoriana.	22
Figura 4. Casa de madeira e telhado de zinco.	24
Figura 5. Localização da comunidade de Killuyacu.	24
Figura 6. Mapa de cobertura vegetal.	25
Figura 7. Ponto de captação do sistema de abastecimento.	26
Figura 8. Reservatório do sistema de distribuição	26
Figura 9. Redução da tubulação de 2,5" para 2,0", e sistema de distribuição da rede domiciliar é de 1/2"	27
Figura 10. Coleta das amostras de água no reservatório.	30
Figura 11. Recolecção das amostras de água após o sistema de filtragem	30
Figura 12. Turbidímetro HACH 2100N.....	31
Figura 13. Ensaio para o análise de coliformes totais.....	32
Figura 14. Placa Petrifilm com unidades formadoras de colônias.	32
Figura 15. Trilha de acesso ao reservatório do sistema de abastecimento.....	35
Figura 16. Pré-dimensionamento do sistema de tratamento por pranchas de aço galvanizado.	35
Figura 17. Esquema do sistema de filtragem	36
Figura 18. Construção dos suportes das bases dos tanques de PVC	37
Figura 19. Perfuração e instalação de acessórios no tanque de PVC	37
Figura 20. Transporte dos materiais até o lugar de implantação do projeto	38
Figura 21. Preparação do local de e instalação do projeto	38
Figura 22. Construção das fundações do projeto.....	40
Figura 23. Construção da base de apoio do leito filtrante dos filtros.	41
Figura 24. Construção do leito filtrante	41
Figura 25. Pedra vulcânica de diâmetro máximo 10 cm.	42
Figura 26. Peneiramento da areia	43
Figura 27. Lavagem dos matérias filtrantes.....	43
Figura 28. Separação das camas filtrantes por tela geotêxtil	44
Figura 29. Limpeza da rede de condução e abastecimento.	45
Figura 30. By-pass de limpeza do sistema de filtragem.....	45
Figura 31. Válvula de limpeza dos filtros	46
Figura 32. Verificação da vazão no último ponto do sistema de distribuição.	46
Figura 33. Formação da camada biológica "schmutzdecke"	47

Figura 34. Variação do pH nas amostras no pré-filtragem e pós-filtragem.	49
Figura 35. Variação da Turbidez (NTU)	50
Figura 36. Variação dos Coliformes Totais no pré-filtragem e pós-filtragem.....	51
Figura 37. Determinação da vazão pelo método direto	52

Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros hidráulicos do decantador segundo a vazão da estação.	18
Tabela 2. Taxas de crescimento populacional.....	28
Tabela 3. Estimativa da população do horizonte de projeto.....	47
Tabela 4. Vazões médias do projeto.....	48
Tabela 5. Vazões máximas diárias	48
Tabela 6. Resultados das análises do pH.....	49
Tabela 7. Resultados da Turbidez	50
Tabela 8. Resultados das análises de Coliformes Totais	51
Tabela 9. Cálculo da vazão na saída do sistema de filtragem	52
Tabela 10. Custos de materiais para construção do filtro	53

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo Geral.....	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Saneamento básico no Equador.....	11
3.2 Parâmetros de qualidade e potabilidade da água	12
3.3 Tecnologias de tratamento da água.....	13
3.3.1 Coagulação e mistura rápida	15
3.3.2 Floculação e mistura lenta	17
3.3.3 Decantação	18
3.3.4 Filtração para o tratamento de água.....	19
3.4 Filtros lentos	20
3.4.1 Filtros lentos de escamento ascendente	21
3.5 Doenças associadas ao consumo da água não potável	21
3.5.1 Contaminação e poluição da água	21
3.5.2 Agentes causadores de doenças.....	22
4. METODOLOGIA.....	23
4.1 Localização e levantamento de dados da comunidade beneficiada	23
4.2 Descrição do sistema de abastecimento de água existente	25
4.3 Análise do desenho do sistema de abastecimento da água existente	27
4.3.1 Período de desenho	27
4.3.2 População a ser abastecida no horizonte de projeto	28
4.3.3 Consumo per capita	28

4.3.4	Determinação da vazão média	28
4.3.5	Determinação da vazão máxima diária (QMD)	29
4.3.6	Vazão de desenho da condução	29
4.4	Coleta e análise das amostras da água no sistema de abastecimento	29
4.4.1.	Coleta das amostras	30
4.4.1.1	Pré-Filtragem.....	30
4.4.1.2	Pós-Filtragem	30
4.5	Análises dos parâmetros das amostras coletadas	31
	A temperatura apenas a legislação canadense determina este parâmetro.....	31
4.5.1	Análises Físico-químicos	31
4.5.2	Análises de coliformes totais	32
4.6	Cálculo da vazão do sistema de filtragem	33
5	RESULTADOS	34
5.1	Escolha do sistema de tratamento de água implementado.....	34
5.1.1	Escolha dos materiais para a construção do filtro.....	34
5.2	Construção e implementação do sistema de tratamento da água.....	36
5.3	Configuração final do sistema de filtragem.....	44
5.3.1	Configuração do pré-filtro.....	44
5.3.2	Configuração dos filtros	44
5.4	Operação e manutenção	45
5.5	Cálculo da população futura abastecida.....	47
5.6	Determinação da vazão média (Qm)	48
5.7	Vazão máxima diária (QMD)	48
5.8	Cálculo da vazão de desenho da condução.....	48
5.9	Resultados das análises físico-químicos e microbiológicos.....	48
5.9.1	Potencial hidrogeniônico (pH).....	48

5.9.2	Turbidez.....	49
5.9.3	Coliformes totais.....	50
5.10	Vazão do sistema de filtragem	51
5.11	Socialização sobre o novo sistema de tratamento da água para a comunidade. ...	53
5.12	Custo do filtro natural lento de fluxo ascendente.....	53
6	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Equador é o país que mais consome água potável por habitante/dia na região da América Latina (237 litros), um aumento de 40% em relação à média da região (169 l/hab/dia). No Equador as maiores bacias hidrográficas encontram-se na região amazônica .

A água potável é um elemento indispensável para definir o desenvolvimento das comunidades rurais do Equador, proporcionando também melhorias da qualidade de vida da população que tem acesso à mesma, diminuindo o risco de contrair doenças transmitidas pela água e a higiene (TSUTIYA, 2006, p.6). Outro aspecto levantado por Tsutiya (2006, p.5), é que dentre as melhorias do saneamento ambiental os sistemas de abastecimento de água são os que provocam o maior impacto na redução de doenças infecciosas.

Richter e Netto (1991, p.1) consideram que são inúmeras as impurezas apresentadas nas águas naturais, várias delas inócuas, poucas desejáveis e algumas extremamente perigosas. Entre as impurezas nocivas encontra-se os vírus, bactérias, parasitas, substâncias tóxicas e, até mesmo, elementos radioativos. A água contém sais dissolvidos, partículas em suspensão e microrganismos, que podem provocar doenças, dependendo das suas concentrações. Tsutiya (2006, p.6) argumenta que a água livre desses agentes, além de evitar a contaminação das pessoas, provoca inúmeros benefícios diretos à saúde, ajuda na preparação de alimentos, favorecendo uma nutrição saudável, possibilita a higiene corporal e a limpeza do ambiente e contribui ainda para a hidratação do organismo.

Segundo o *Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento* (FCAS) mais de 28% da população equatoriana não tem acesso à água por rede pública e mais de 22% não possui um sistema de esgoto ou fossa séptica. Mais de quatro milhões de pessoas fazem o uso da água por meio da captação de poços, rios, córregos, caminhões cisternas e água da chuva. Além disso, a distribuição espacial das águas superficiais não é bem distribuída no Equador. Entretanto, o principal inconveniente desse sistema de adução de água, é a falta de um sistema de tratamento, conforme relatos da população. É grande a mudança das suas propriedades organolépticas em épocas de chuva, principalmente da cor, causado pelos sedimentos em suspensão no momento da adução. Cabe mencionar que esses tipos de adução da água dos mananciais são muito usados nesta região, pela sua simplicidade e baixo custo, o que aumenta o risco da população de contrair doenças relacionadas com a água. Partindo desse ponto de vista, um sistema de filtragem poderia melhorar a qualidade da água, saúde e prevenir doenças na população.

O presente estudo pretende avaliar o desempenho de um filtro de água para uso na comunidade indígena de Killuyacu, na região amazônica no Equador para melhorar a qualidade da água por meio de um sistema de filtragem lenta, a qual possa atingir os padrões mínimos de potabilidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo para melhorar a qualidade da água na comunidade indígena de *Killuyacu Alto* para o consumo humano, através da proposta de um sistema de filtragem lenta.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar e aplicar a melhor configuração para o filtro no estudo de caso para que a água possa atingir os critérios de potabilidade;
- b) Verificar se o sistema de filtragem lenta a ser implementado atinge a qualidade para o consumo humano;
- c) Garantir um fornecimento confiável de água para a população;
- d) Ensinar à população da comunidade de *Killuyacu Alto* a importância e os benefícios que trazem o consumo de água potável na saúde;
- e) Constatar se o sistema de filtragem escolhido será o adequado para o local;
- f) Elaborar um plano de manutenção e limpeza do filtro e capacitar a população para sua realização.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento básico no Equador

O uso da água para o abastecimento humano remonta-se desde a antiguidade, demonstrando um progressivo desenvolvimento de tecnologias para a captação, transporte, tratamento e a distribuição de água. (HELLER; PÁDUA, 2010, p.35).

Richter e Netto (1991, p.5) relata que o tratamento de águas de abastecimento público originou-se na Escócia, onde John Gibb construiu o primeiro filtro lento. A filtração rápida foi iniciada na instalação pioneira no mundo, construída na cidade de Campos, Rio de Janeiro, em 1880. Em 1900 existiam nos Estados Unidos apenas 10 estações purificadoras, com filtros lentos.

Segundo a *Comisión Económica para América Latina y el Caribe* (CEPAL, 2012, p.12), no Equador existem zonas nas quais a água subterrânea é o único recurso acessível para abastecer populações ou para a irrigação de culturas, principalmente em bacias deficitárias em recursos superficiais. Esses recursos são essenciais para a segurança alimentar e de caráter vital para o funcionamento dos ecossistemas. No entanto, desde o ano 1983 até a presente data, não foi atualizado o mapa hidrogeológico nacional a escala de 1:1'000.000, nem existem estudos que permitam identificar áreas susceptíveis de poluição e sobre-exploração, para assim estabelecer estratégias de proteção da água, definir e priorizar soluções para manter um sistema adequado de monitoramento e observação.

Uma avaliação realizada pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos de América (1998, p.7) relata que o abastecimento no Equador é um problema muito sério, mesmo o país tendo uma precipitação média anual de 1200 milímetros. A desigualdade de distribuição da precipitação e população são as principais razões dos problemas de abastecimento de água no país. Algumas áreas recebem só 250 milímetros de precipitação anual, enquanto outras recebem até 6000 milímetros por ano. Só os 10% da água disponível no país é utilizada, e desta, 97% é utilizada para a irrigação e 3% restantes para propósitos domésticos e industriais e a maioria da água usada para propósitos domésticos provém de mananciais superficiais.

3.2 Parâmetros de qualidade e potabilidade da água

Segundo Pradillo (2016), a vigilância da qualidade da água para o abastecimento da população, começa na origem da mesma na captação, ou seja, em açudes, rios, poços, etc., e continua durante o seu tratamento de água potável. Desde o transporte pela rede de distribuição até o consumidor, para o monitoramento se recolhem amostras de água em todas as fases do sistema de abastecimento para serem analisadas em laboratórios.

Para Richter (2009, p.67), a avaliação da qualidade da água para uso humano ou industrial, tratada ou *in natura*, é feita pela determinação de diversos parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e indicativos de contaminação orgânica e biológica. Os padrões de potabilidade fixam valores para os parâmetros mais representativos da qualidade da água para que seja considerada adequada ao consumo humano. A água quimicamente pura não existe à superfície terrestre. A expressão água pura é usada como sinônimo de água potável para dizer que tem qualidade satisfatória para uso doméstico (GARCEZ, 1976, p.153).

Richter e Netto (1991, p. 7) afirmam que o erro mais comum em instalações de tratamento de água é basear os estudos nos resultados de uma única análise de água. A qualidade da água varia com o tempo, exigindo para o seu controle a realização de análises em diferentes épocas do ano, e só sua repetição poderá reduzir o efeito de variação dos resultados. Muitas vezes, no caso de grandes mananciais com usos diferenciados, torna-se necessário a coleta de água em vários pontos do manancial para análise, à montante ou à jusante. Para se conhecer as condições de um manancial de superfície não bastam os resultados de exames e análises da água; a inspeção sanitária da bacia hidrográfica é medida sempre recomendável, bem como o levantamento do uso e ocupação do solo na região.

Garcez (1976, p. 153), menciona diferenças entre água contaminada e água poluída. A água é considerada contaminada quando ela hospeda organismos potencialmente patogênicos ou contem substâncias tóxicas que a tornam perigosa, e, portanto, imprópria para o consumo humano.

Diz-se que a água é poluída quando ela contém substâncias de tal caráter e em tais quantidades que sua qualidade é alterada de modo a prejudicar a sua utilização ou torná-la ofensiva aos sentidos da vista, paladar e olfato. No Brasil a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico segundo a Portaria 2914 (2011, Anexo I) como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1. Padrão microbiológico de potabilidade da água para o consumo humano.

Parâmetro	VMP ⁽¹⁾
Água para o consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml
Notas: (1) Valor Máximo Permitido. (2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras. (3) a detecção de <i>Escherichia coli</i> deve ser preferencialmente adotada	

Fonte: Ministério da Saúde (2011).

O Ministério da Saúde na Portaria 2914 recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5. Enquanto a turbidez o valor estabelecido pós-filtração ou pré-desinfecção é descrito na Portaria 2914 (2011, Anexo II) como é observada no Quadro 2.

Quadro 2. Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.

Tratamento da água	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Notas: (1) Valor Máximo Permitido (2) Unidade de Turbidez.	

Fonte: Ministério da Saúde (2011).

3.3 Tecnologias de tratamento da água

Garcez (1976, p.171) afirma que se submete água a um tratamento com objetivo de melhorar a sua qualidade sob os seguintes aspectos fundamentais:

- a) Higiénico – Eliminação ou redução de bactérias, substâncias venenosas, mineralização excessiva, teor excessivo de matéria orgânica, algas, protozoários e outros microrganismos;
- b) Estético – Remoção ou redução de cor, turbidez, odor, sabor;
- c) Econômico – Remoção ou redução de corrosividade, dureza, cor, turbidez, ferro manganês, odor, sabor, etc.

Libânio (2010, p.147), afirma que na potabilização das águas naturais, as tecnologias de tratamento apresentam basicamente três fases: clarificação, filtração e desinfecção. Para a maioria dos mananciais subterrâneos apenas a desinfecção faz-se necessária para adequação ao padrão de potabilidade. O tipo de tratamento a ser empregado depende da qualidade da água bruta. Os principais tratamentos são por: Filtração Lenta (Figura 1a), Filtração direta em linha (Figura 1b), Filtração direta (Figura 1c), Tratamento convencional (Figura 1d).

Figura 1. Principais tecnologias de tratamento de água bruta

Figura 1a. Fluxograma típico da tecnologia de filtração lenta.

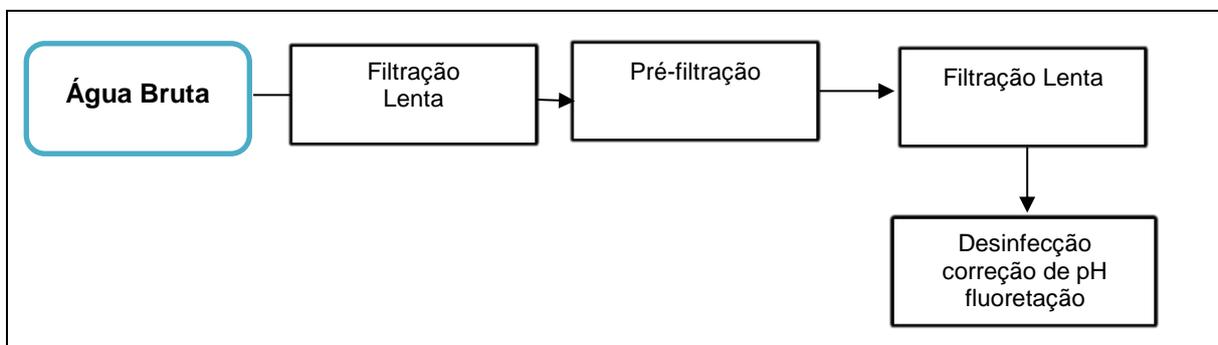


Figura 1b. Fluxograma típico da tecnologia de filtração direta em linha.

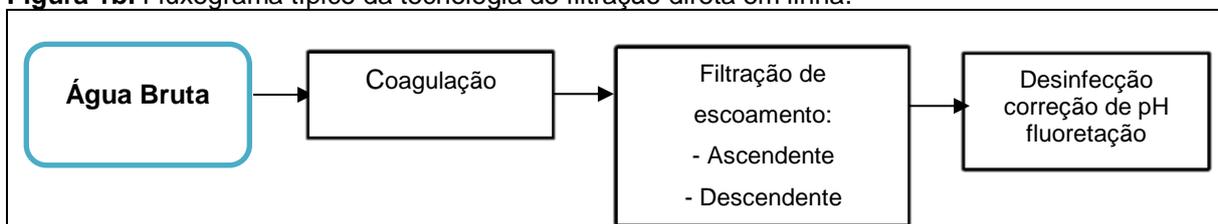


Figura 1c. Fluxograma típico da tecnologia de filtração direta.

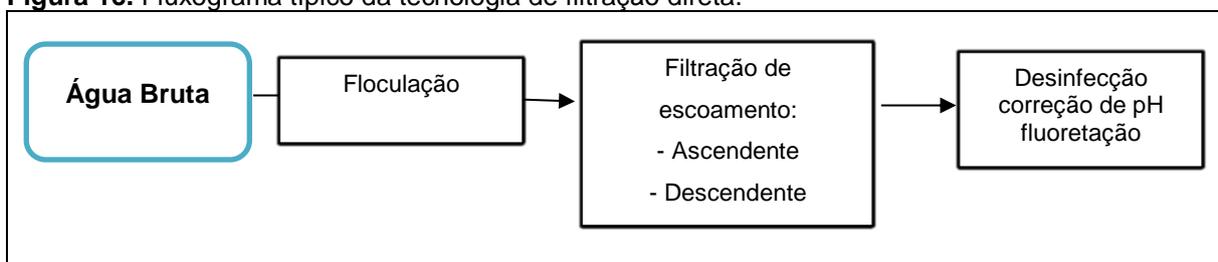
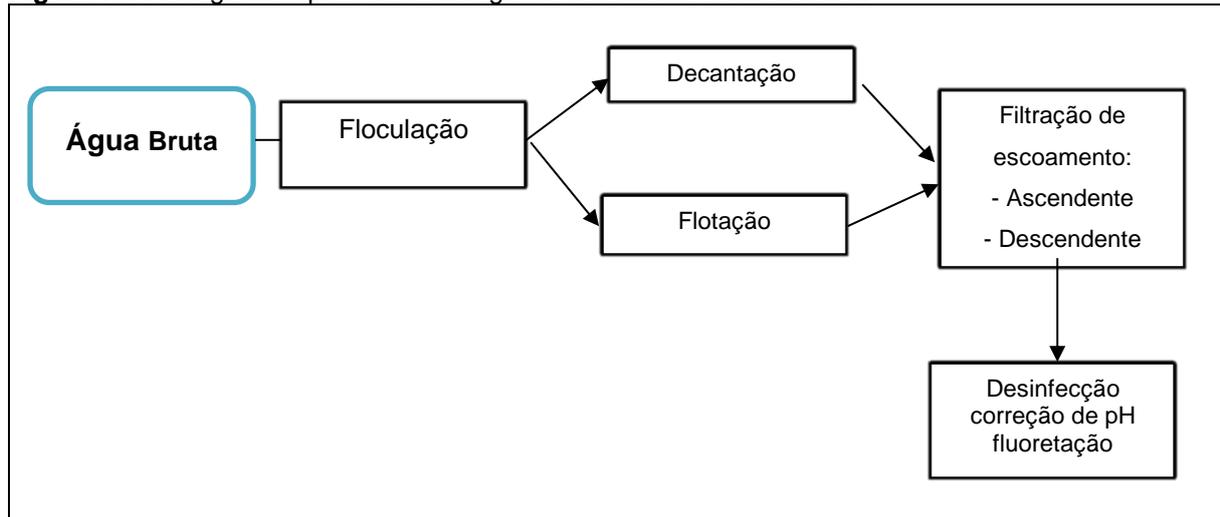


Figura 1d. Fluxograma típico da tecnologia de tratamento convencional.

Fonte: Adaptado Libânio (2010)

O tratamento da água tem como objetivo adequar a água bruta dentro dos parâmetros de potabilidade com os menores custos de implantação, manutenção e operação. A escolha da tecnologia mais adequada deve ser guiada pelos seguintes fatores: i) características da água bruta; ii) custos envolvidos; iii) manuseio e confiabilidade dos equipamentos; iv) flexibilidade operacional; v) localização geográfica e características da população (LIBÂNIO, 2010).

Em base na tecnologia de tratamento convencional serão detalhados a seguir os seguintes procedimentos: coagulação e mistura rápida, floculação e mistura lenta, decantação, filtração e ajustes finais.

3.3.1 Coagulação e mistura rápida

Richter e Netto (1991, p. 53), definem a coagulação como o processo do qual os coagulantes são adicionados à água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão. Libânio (2010, p. 153), comenta que este processo decorreu inicialmente da necessidade de melhorar o aspecto visual da água para o consumo humano.

A coagulação consiste na desestabilização das partículas coloidais e suspensas realizada pela conjunção de ações físicas e reações químicas com poucos segundos de duração, entre o coagulante, a água e as impurezas presentes. Em solução aquosa os íons metálicos de ferro e de alumínio, positivamente carregados formam fortes ligações com os átomos de oxigênio, liberando os átomos de hidrogênio o qual aumenta a concentração do íon H^+ , reduzindo o pH da suspensão. Este processo denomina-se de hidrólise e os produtos formados constituem as espécies hidrolisadas de ferro e alumínio. Após, verifica-se o transporte dessas espécies hidrolisadas para o contato com as impurezas presentes, etapa

denominada mistura rápida, causando sua desestabilização em função da magnitude e pH de coagulação (LIBÂNIO, 2010, p. 154).

Segundo Richter e Netto (1991, p. 53), a mistura rápida tem como finalidade de promover a dispersão de coagulante à água. Essa dispersão deve ser a mais homogênea, ou seja, uma distribuição equânime e uniforme do coagulante à água, e a mais rápida possível ou que implica na necessidade de aplicar o coagulante numa região de muita turbulência.

Após, com a aproximação e colisão das partículas desestabilizadas, há formação dos flocos os quais podem ser removidos por sedimentação, flotação e filtração. Assim, espera-se remover especialmente a turbidez, matéria orgânica coloidal, substâncias tóxicas de origem orgânica e inorgânica, e outras passíveis de conferir odor e sabor à água, microrganismos em geral e os precursores de trihalometanos elevando-se a qualidade da água distribuída.

Nas estações de tratamento de água convencionais o processo de coagulação efetua-se na estação de mistura rápida. A eficiência da coagulação influi no desempenho das demais etapas de tratamento, favorecendo a qualidade microbiológica, aumentando das carreiras dos filtros e reduzindo o custo de metro cúbico de água tratada. Além disso, a importância da coagulação no contexto sanitário à remoção de partículas de dimensões microscópicas associa-se a de microrganismos patogênicos. (LIBÂNIO, 2010, p. 154).

Segundo a NBR 12216 (ABNT, 1992, p. 5), as condições ideais em termos de gradiente de velocidade, tempo de mistura e concentração da solução coagulante devem ser determinadas por meio de ensaios de laboratório. Caso não seja possível a realização dos ensaios, deve-se adotar os seguintes parâmetros:

- a) A dispersão de coagulantes deve ser feita a gradientes de velocidade compreendidas entre 700 s^{-1} e 1100 s^{-1} ;
- b) A dispersão de coagulantes deve produzir-se em um tempo de mistura não superior a 5 s.

A mistura rápida apresenta duas alternativas distintas por meio da agitação mecânica ou hidráulica visando à dispersão mais homogênea possível dos produtos químicos na massa líquida (LIBÂNIO, 2010, p. 196).

A mistura rápida mecanizada é realizada por meio de agitadores tipo turbina ou hélice, os quais são aparelhos mecânicos que produzem movimento num líquido através do movimento rotativo dos impulsores (RICHTER e NETTO, 1991, p. 65), onde a água bruta aflui à câmara de mistura e o coagulante é comumente disperso por meio de bombas dosadoras (LIBÂNIO, 2010, p. 197). A NBR 12216 (ABNT, 1992, p.5) estabelece que nas unidades mecanizadas a potência deve ser estabelecida em função do gradiente de velocidade.

A mistura rápida hidráulica utiliza a energia hidráulica, tais como vertedores de seção retangular, vertedores triangulares e o medidor Parshall. A dispersão do coagulante pode ocorrer sobre a queda d'água ou imediatamente a montante do ressalto hidráulico (LIBÂNIO, 2010, p. 202). O tipo de ressalto desejável para a mistura rápida é o salto estável, com o número de Froude entre 4,5 a 9,0 (RICHTER e NETTO, 1991, p. 58). Segundo a NBR 12216 (ABNT, 1992, p.5) podem ser utilizados como unidade hidráulica de mistura rápida os dispositivos que sempre atendam as condições de gradiente de velocidade e tempo de mistura como:

- a) Qualquer singularidade onde ocorra turbulência intensa;
- b) Canal ou canalização com anteparos ou chicanas;
- c) Ressalto hidráulico.

3.3.2 Floculação e mistura lenta

A floculação é uma das operações unitárias da clarificação nas quais se busca reduzir o número de partículas suspensas e coloidais presentes na massa líquida (LIBÂNIO, 2010, p. 209). Conforme Heller e Pádua, (2010, p.543), as reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilita que as impurezas presentes na água possam se aglomerar, formando flocos na unidade de floculação. Nesta unidade não ocorre a remoção de impurezas; a finalidade é apenas condicionar a água aumentando o tamanho das partículas.

Nessa operação fornece-se condições, em termos de tempo e agitação (tempo de detenção e gradiente de velocidade), para que ocorram os choques entre partículas anteriormente desestabilizadas pela ação do coagulante, levando assim a formação dos flocos a serem posteriormente removidos por sedimentação/flotação, ou nas estações de filtração direta, nas próprias unidades de filtração (LIBÂNIO, 2010, p. 209). Nas ETA's, as etapas de floculação ocorrem em unidades de mistura lenta, a floculação pode ser realizada hidráulica ou mecanicamente, do mesmo modo que no caso de mistura rápida (HELLER e PÁDUA, 2010, p. 544). Para as estações convencionais de tratamento a avaliação do êxito da floculação efetua-se pelas características da água decantada, cujo monitoramento se faz através da turbidez, e com menor frequência, através da cor aparente (LIBÂNIO, 2010, p.210).

Pela definição da NBR 12216 (ABNT, 1992), floculadores são unidades utilizadas para promover a agregação de partículas formadas na mistura rápida, sendo o período de detenção no tanque de floculação e os gradientes de velocidade determinados por ensaios de laboratório com a água a ser tratada. Caso não seja possível a realização dos ensaios deve-se adotar os seguintes parâmetros:

- a) Para tempo de mistura lenta por flocladores hidráulicos podem ser adotados valores entre 20 min e 30 min, para flocladores mecanizados entre 30 min e 40 min.
- b) O gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento de 70 s^{-1} , e no último de 10 s^{-1} .

3.3.3 Decantação

Richter e Netto (1991, p.148), comentam que a sedimentação de partículas floclantes é usualmente chamada de decantação e, as unidades onde se realiza este processo, de tanques de decantação ou, simplesmente decantadores. O processo de sedimentação para a remoção de partículas sólidas em suspensão é um dos mais comuns no tratamento da água.

Quando a água bruta apresenta alta concentração de partículas em suspensão ou de sólidos dissolvidos, é necessária a construção de unidades que removam parte destas impurezas, antes de encaminhá-la aos filtros. A decantação é uma das técnicas mais antigas e simples de clarificação da água e resulta da ação da força de gravidade sobre as impurezas, facilitando a sedimentação delas no fundo da unidade (HELLER e PÁDUA, 2010, p. 542).

Segundo Richter e Netto (1991, p. 148), as partículas sedimentadas depositam-se numa superfície ou zona de armazenamento. As partículas que não sejam removidas por sedimentação, sejam por seu tamanho ou por serem de densidade muito próxima da água, deverão ser removidas na filtração. A sedimentação, com coagulação prévia, é um processo de clarificação usado na maioria das estações de tratamento, visando reduzir a carga de sólidos aplicados aos filtros.

Segundo a definição da NBR 12216 (ABNT, 1992), decantadores são unidades destinadas à remoção de partículas presentes na água, pela ação da gravidade, as quais podem ser convencionais ou de baixa taxa, e de elementos tubulares ou de alta taxa. As ETA's podem dispor de apenas uma unidade de decantação com capacidade inferior a $1000 \text{ m}^3/\text{dia}$, em operação contínua e estações com capacidade até $10000 \text{ m}^3/\text{dia}$, com período de funcionamento inferior a 18 h/dia. As ETA's restantes devem contar pelo menos com duas unidades iguais. A velocidade de sedimentação pode ser determinada por ensaios de laboratório, caso não seja possível a realização dos ensaios de laboratório recomenda-se os seguintes valores de parâmetros hidráulicos no decantador como é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros hidráulicos do decantador segundo a vazão da estação.

Capacidade - Q (m^3/dia)	Taxa de escoamento superficial máxima ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$)	Velocidade longitudinal máxima - V_0 (cm/s)
Q < 1000	25	0,50
1000 < Q < 10000	35	
Q > 1000	40	0,75

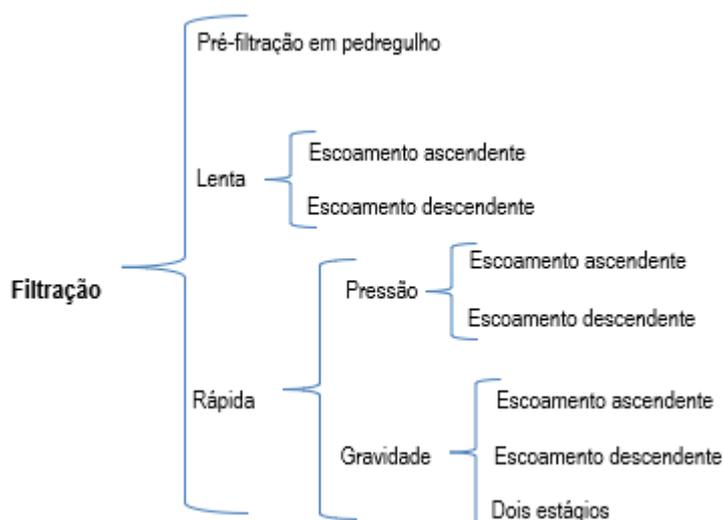
Fonte: Adaptado da NBR 12216 (ABNT, 1992).

3.3.4 Filtração para o tratamento de água

A filtração é um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos. Essa ação visa a remoção das impurezas da água por sua passagem através de um meio poroso, por exemplo, areia limpa (RICHTER e NETTO, 1991, p. 195). Segundo Libânio (2010, p. 309), no tratamento de água, a filtração constitui o processo que tem como função primordial a remoção das partículas responsáveis pela cor e turbidez após a decantação. A filtração e outras etapas de tratamento tornam-se desnecessárias quando a qualidade da água bruta, oriunda sobretudo de mananciais subterrâneos, permite efetuar apenas a desinfecção. A filtração nos tratamentos de água convencionais provavelmente é a função mais relevante, pois, nesta etapa o sistema é capaz de corrigir as falhas ocorridas nas etapas de coagulação, floculação e sedimentação/flotação, assegurando a qualidade da água tratada.

Quando a velocidade com que a água atravessa o meio filtrante é baixa, com baixa taxa de filtração, o filtro é denominado lento. Quando é elevada, o filtro é dito rápido (RICHTER e NETTO, 1991, p. 195). Na Figura 2 é apresentada a classificação da filtração no tratamento de água.

Figura 2. Classificação dos tipos de filtros empregados no tratamento de água.



Segundo a NBR 12216 (ABNT, 1992), o parâmetro que define se o filtro é rápido ou lento é a taxa de filtração determinada por experimentos em filtro-piloto. Caso não seja possível a realização desses experimentos a taxa de filtração para filtros lentos não deve ser superior a $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$. A taxa de filtração para filtros rápidos sem proceder com filtros pilotos são as seguintes:

- a) Para filtro de camadas simples, $180 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$;
- b) Para filtro de camada dupla, $360 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

Em caso de filtros de fluxo ascendente, a taxa de filtração deve ser de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$.

3.4 Filtros lentos

Comumente os filtros lentos são empregados na purificação de águas de baixa cor, turbidez e concentração de algas, quase sempre precedido por uma etapa de pré-filtração. São usados comumente em pequenas comunidades, nas quais a simplicidade operacional, a perspectiva de encontrar mananciais ainda imunes às ações antrópicas e a disponibilidade de área elevam a viabilidade de seu emprego (LIBÂNIO, 2010, p. 339).

Na filtração lenta o tratamento da água é feito por um processo biológico, na qual não há necessidade do emprego de coagulante químico, o que, incorporado à menor frequência de limpeza dos filtros, simplifica a operação e facilita a utilização dessa técnica, mesmo em regiões mais remotas (HELLER e PÁDUA, 2010, p. 563).

A filtração lenta apresenta-se como uma alternativa de tratamento de água com grande potencial principalmente em comunidades rurais, quando a água bruta apresenta condições favoráveis para o emprego desta tecnologia. Na filtração lenta geralmente são utilizadas areias com pequena granulometria, de modo que ocorre considerável retenção de impurezas no topo da camada filtrante. No topo da camada filtrante forma-se uma camada biológica, da qual depende a eficiência da filtração lenta, a qual terá o tempo de depuração desde alguns dias até semanas para se formar. Por esse motivo, a ETA deve ter no mínimo dois filtros, para que o abastecimento de água não seja interrompido em caso de limpeza dos filtros. A camada biológica constitui-se por partículas inertes, matéria orgânica e uma grande variedade de microrganismos benéficos, que se alimentam das impurezas contidas na água (HELLER e PÁDUA, 2010, p. 565).

Segundo Libânio (2010, p. 333), os pré-filtros surgiram como forma de pré-tratamento objetivando minimizar o aporte de sólidos às unidades de filtração lenta, classificando-se em função de seu sistema de escoamento, ascendente, descendente ou horizontal. Quando se emprega a pré-filtração, tem-se a técnica denominada Filtração em Múltiplas Etapas, por meio da qual é feita a separação gradual do material em suspensão presente na água bruta, antes de ser encaminhada ao filtro lento. As duas principais limitações ao emprego da filtração lenta são referentes às características da água bruta e, para os sistemas de maior porte, à maior necessidade de área.

Devido ao movimento lento da água e ao alto tempo de retenção, a filtração lenta em areia assemelha-se à percolação da água através do subsolo e o processo produz água de qualidade comparável à água subterrânea (VISSCHER, PARAMASIVAM, *et al.*, 1992, p.8). Além disso, os autores evidenciaram a remoção de coliformes totais numa faixa de 80-99%.

3.4.1 Filtros lentos de escoamento ascendente

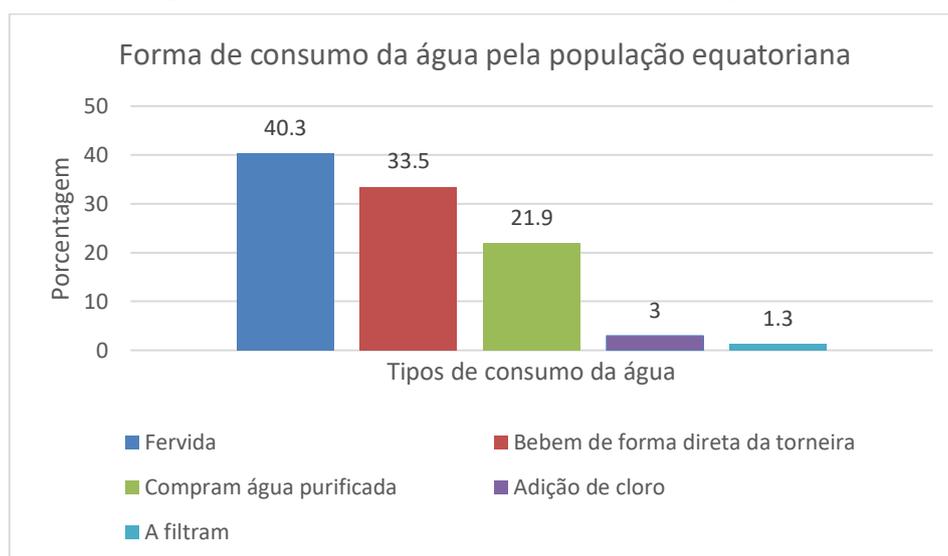
Libânio (2010, p. 349) mostra que estas unidades provavelmente se constituem no tipo de filtro com menor disseminação no meio técnico. O meio filtrante é composto por camadas e granulometria similar à dos filtros lentos de escoamento descendente, com a diferença que a operação de limpeza é realizada por descarga de fundo. Ainda apresenta tempos de detenção de mesma ordem de grandeza em relação aos filtros de escoamento descendente, mas existem dúvidas acerca da formação da camada biológica, característica dos filtros lentos. As unidades de escoamento descendente, apresentam os mesmos requisitos de qualidade de água bruta dos filtros de escoamento ascendente.

3.5 Doenças associadas ao consumo da água não potável

3.5.1 Contaminação e poluição da água

A água contaminada é gerada principalmente desde o instante que a água é requerida pelo homem para satisfazer suas necessidades domésticas, agrícolas e industriais. A água é interceptada e após a sua utilização é descartada. Essa ação além de interromper o curso normal da água contribui na deterioração da sua qualidade ao incorporar substâncias estranhas nos diferentes processos para o qual a água foi requerida. As alterações na qualidade da água podem ser físicas, químicas e biológicas segundo o contaminante incorporado (APRISABAC, 1997, p.7).

No Equador o consumo de água nem sempre possui um método de purificação por parte da população. Segundo o *Instituto Nacional De Estadística y Censos* (INEC, 2010, p.5), como pode-se observar na Figura 3, 40,3% dos lares fervem a água antes de seu consumo, entretanto 33,5% da população não implementam nenhum tipo de purificação da água. Esta prática pode ser muito prejudicial nas populações que não contam com um sistema de tratamento da água antes do sistema de distribuição.

Figura 3. Tipos de consumo de água pela população equatoriana.

Fonte: Adaptado INEC, 2010.

3.5.2 Agentes causadores de doenças

Heller e Pádua (2010, p.49) argumentam que existem dois mecanismos principais de transmissão de doenças pela água:

- Transmissão por ingestão de água contaminada por agentes biológicos patogênicos;
- A transmissão que ocorre pela insuficiência da quantidade de água, provocando higiene deficiente.

Mara & Feachem (1999 apud HELLER E PÁDUA, 2010, p.49) propõem dois grupos de doenças mais diretamente relacionados ao abastecimento da água:

- Doenças de transmissão feco-oral que podem ser transmitidas (ingestão ou higiene deficiente) e que podem ser originadas por diferentes agentes como é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Doenças de transmissão feco-oral.

Doenças de transmissão feco-oral	
Viróticas	<ul style="list-style-type: none"> – Hepatite A, E e F; – Poliomielite; – Diarreia por rotavírus; – Diarreia por adenovírus.
Bacterianas	<ul style="list-style-type: none"> – Cólera; – Infecção por <i>Escherichia coli</i>; – Febre tifoide e paratifoide.

Causadas por protozoários	<ul style="list-style-type: none"> – Amebíase; – Criptosporidíase; – Giardíase.
Causadas por helmintos	<ul style="list-style-type: none"> – Ascaridíase; – Tricuríase; – Enterobíase.

Fonte: Adaptado Heller e Pádua, 2010.

Uma das principais vantagens atribuídas ao filtro lento é a elevada eficiência de remoção de organismos potencialmente transmissores de doenças. A remoção de bactérias patogênicas e vírus no filtro lento é atribuída a vários fatores, destacando-se o decaimento natural devido ao filtro lento ser um ambiente relativamente hostil para esses microrganismos, a predação, o efeito biocida da radiação solar, e a absorção no biofilme aderido ao meio filtrante.

4. METODOLOGIA

4.1 Localização e levantamento de dados da comunidade beneficiada

A comunidade de Killuyacu encontra-se localizada na região amazônica do Equador pertencente à etnia indígena Kichwa do alto Napo. O centro da comunidade localiza-se a uma altitude: 641,0 m, latitude: 1°00'42,60"S, longitude: 77°44'42,45"O, na província de Napo a 16,7 km da cidade de Tena na paróquia de Puerto Napo, possui uma temperatura média anual de 23,3 °C e uma pluviosidade média anual de 4330 mm. A umidade relativa segundo o INAMHI (2015, p.121) é de 84%. O relevo da região é um planalto pouco ondulado. O acesso a comunidade é por uma estrada rural de pedra por 3,6 km desde a rodovia pavimentada. A comunidade dispõe de energia elétrica e abastecimento de água sem nenhum tipo de tratamento até os domicílios.

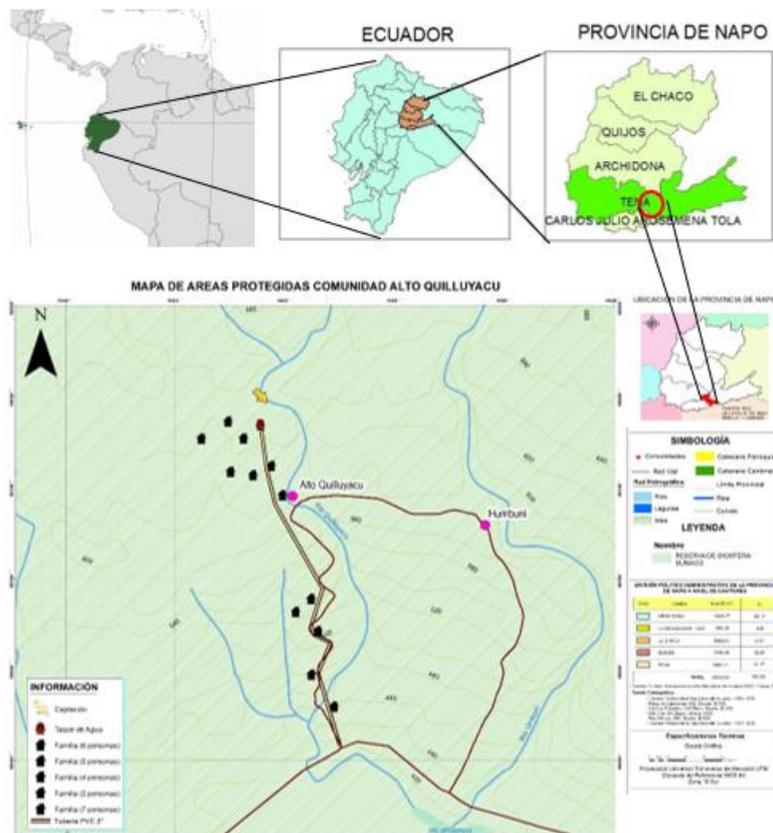
A atividade econômica é baseada na exploração madeireira, além disso as famílias são sustentadas pela agricultura familiar, e os excedentes das colheitas são destinadas para comercialização no mercado da paróquia de Puerto Napo. As casas são construídas de madeira e telhado de zinco como pode ser observado na Figura 4. Este tipo de moradia é característico das casas nas zonas rurais na Amazônia do Equador.

Figura 4. Casa de madeira e telhado de zinco.



A comunidade possui 12 casas dispersas ao longo da estrada principal, onde residem um total de 63 habitantes (Figura 5).

Figura 5. Localização da comunidade de Killuyacu.

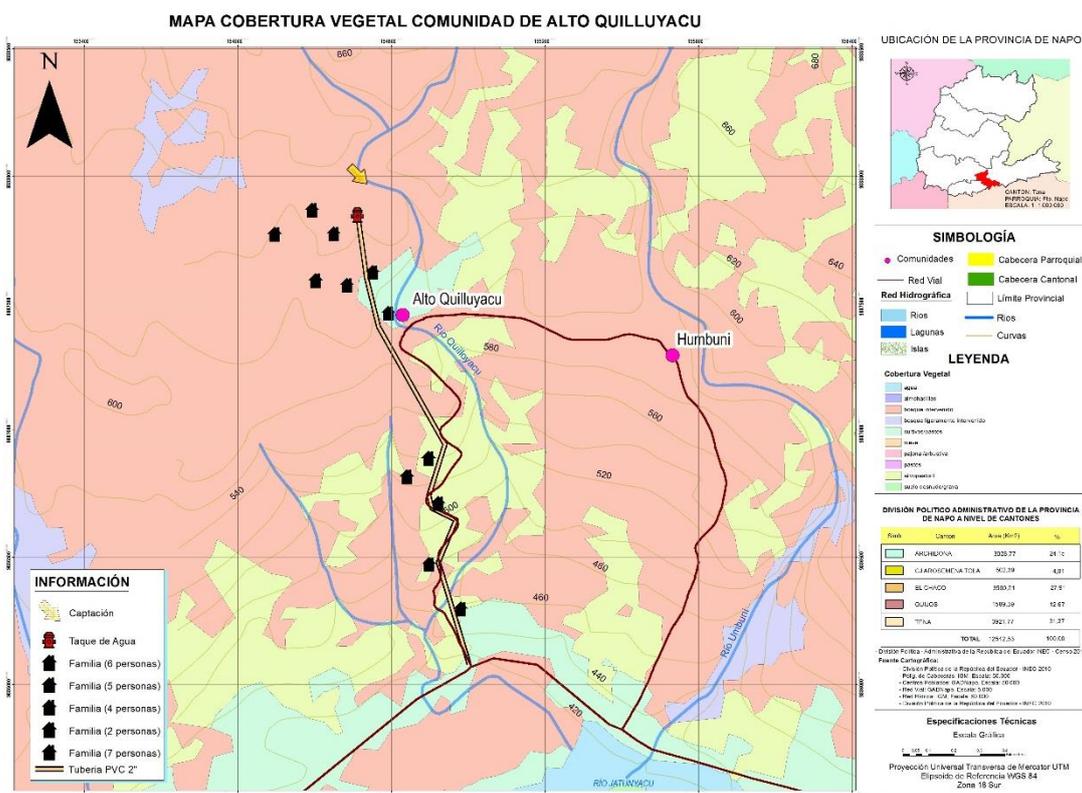


Fonte: Adaptado de G.A.D.M. TENA (2017).

A comunidade conta com o serviço de água encanada, porém a mesma não possui nenhum tratamento de potabilização. A água na comunidade é usada para consumo humano e muitas vezes até sem método algum de purificação ou desinfecção como ferver a água, por exemplo. Vários são os relatos de que a população local sofre com náuseas, dores abdominais, diarreias, etc, pelo uso da água sem tratamento, principalmente em crianças.

Como pode-se observar na Figura 6, a cobertura vegetal na região da captação e o reservatório é predominantemente um bosque amazônico intervindo, principalmente pela extração de madeira, a qual é só extraída pelos habitantes da comunidade com machados e motosserras de pequeno porte.

Figura 6. Mapa de cobertura vegetal.



Fonte: Adaptado de G.A.D.M. TENA (2017).

4.2 Descrição do sistema de abastecimento de água existente

A infraestrutura sanitária, o sistema de adução e a distribuição de água consiste de uma fonte de captação localizada no córrego subterrâneo. Não encontra-se quase nenhuma ação antrópica o qual fornece uma melhor qualidade da água no sistema de abastecimento, e também não existe exploração mineradora que alterem as condições hidrogeológicas naturais da fonte de captação. A captação está localizada na cota 661 (Figura 7). O tipo de captação

é um muro de concreto no sentido perpendicular ao fluxo do córrego. Os dados de cotas e distâncias para este projeto foram coletados pelo GPS eTrex Venture Garmin.

A primeira visita até o ponto de captação e o reservatório foi de difícil acesso, pois a trilha estava perdida pela vegetação, além da falta de manutenção e limpeza do sistema de abastecimento.

Figura 7. Ponto de captação do sistema de abastecimento.



Posteriormente é transportada por uma tubulação de PVC de 3,0" até um reservatório apoiado de concreto armado (Figura 8) com dimensões de 3,00 x 3,30 m e x 1,20 de altura localizado na cota 633 (GPS) acima do nível do mar e após essa unidade é onde foi executada a implantação do projeto. Desde esse ponto a água é distribuída por uma tubulação de 2,5" por 588 m, após a tubulação é reduzida para 2" (Figura 9) por mais 613 m. O sistema de distribuição domiciliar é realizado por tubulações de ½". O abastecimento da água é fornecido por uma rede de distribuição ramificada.

Figura 8. Reservatório do sistema de distribuição



Figura 9. Redução da tubulação de 2,5" para 2,0", e sistema de distribuição da rede domiciliar é de 1/2".



O sistema de abastecimento de água foi construído pela prefeitura municipal de Tena no ano de 2004, e após a construção não foi realizada nenhuma ampliação ou manutenção do sistema por parte das autoridades. Algumas ampliações foram realizadas por iniciativa própria da comunidade. Podemos observar que possui conexões mal realizadas e as tubulações estão expostas à intempérie sem nenhuma proteção o que pode levar à contaminação da água.

4.3 Análise do desenho do sistema de abastecimento da água existente

Neste trabalho será analisado o desenho de abastecimento da água existente segundo a Norma Equatoriana 10.7-602, Desenho para Sistemas de Abastecimento de Água Potável, Disposição de Excretas e Resíduos Líquidos na Área Rural (2014).

Os parâmetros estudados foram os seguintes:

- Período de Desenho;
- População a ser abastecida no horizonte de projeto;
- Dotação e consumo per capita;
- Vazão média (Qm);
- Vazão máxima diária (QMD)
- Vazão de desenho da condução

4.3.1 Período de desenho

Segundo a Norma Equatoriana 10.7-602 (2014), as obras civis dos sistemas de água potável ou disposição de resíduos líquidos, desenham-se para um período de 20 anos. Sendo assim o desenho de abastecimento existente não pode ser maior ao ano 2024, já que o sistema de abastecimento foi implantado no ano 2004.

4.3.2 População a ser abastecida no horizonte de projeto

A população no horizonte de projeto foi calculada com base na população existente atualmente mediante um reconto populacional.

Para o cálculo da população futura, foi empregado o método geométrico:

$$P_f = P_a (1 + r)^n \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

P_f : População futura (habitantes);

P_a : População atual (habitantes);

n : Horizonte de projeto (anos);

r : Taxa de crescimento geométrico da população.

A falta de dados estatísticos da taxa de crescimento populacional, a norma equatoriana 10.7-602 (2014) recomenda adotar os seguintes dados de taxa de crescimento populacional (Tabela 2).

Tabela 2. Taxas de crescimento populacional

Região Geográfica	Tg (%)
Serra	1,0
Costa, Oriente e Galápagos	1,5

Fonte: Adaptado da Norma equatoriana 10.7-602 (2014).

4.3.3 Consumo per capita

A comunidade possui serviço de água e dispõem de registro no pátio de cada casa. Além disso, as casas também são abastecidas de água de chuva quando possível e é usada principalmente para lavar as roupas. Segundo a norma 10.7-602 (2014), recomenda-se o consumo per capita para um clima quente de 85 litros/hab*dia, e a vazão futura de projeto será considerada de 100 litros/hab*dia. O serviço de água da comunidade não possui nenhum sistema tarifário.

4.3.4 Determinação da vazão média

Conforme a norma equatoriana 10.7-602 (2014), para as comunidades menores a 1000 habitantes, os coeficientes a aplicar para a definição da vazão são os seguintes:

$$Q_m = f(P \times D)/86400 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

Q_m : Vazão média (l/s);

f : Fator de fugas de 20% para comunidades rurais menor a 1000 habitantes;

P : População ao final do período de projeto;

D : Consumo per capita (litros/hab*dia).

4.3.5 Determinação da vazão máxima diária (QMD)

A vazão máxima diária, foi calculada segundo a norma 10.7-602 (2014) com a seguinte equação:

$$QMD = KMD \times Q_m \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

QMD : Vazão máxima diária (l/s);

Q_m : Vazão média (l/s);

KMD : Fator de majoração máximo diário;

O fator de majoração máximo diário (KMD), tem um valor de 1,25 para comunidades menores a 1000 habitantes.

4.3.6 Vazão de desenho da condução

A norma equatoriana 10.7-602 (2014), estabelece que quando a condução não necessite de um sistema de bombeamento, a vazão de desenho será de 1,1 vezes a vazão máxima diária (QMD) calculada ao final do período de desenho, para a qual o sistema de tratamento deverá ser dimensionado.

4.4 Coleta e análise das amostras da água no sistema de abastecimento

As amostras foram coletadas em duas fases, uma antes e outra após a implementação do sistema de filtragem lenta, para assim analisar e comparar a qualidade da água disponível à comunidade.

As análises da água foram realizadas nos laboratórios da estação de tratamento de água Colonso do Governo Autônomo Descentralizado Municipal de Tena (GAD-MT). Os laboratórios foram facilitados durante o estágio realizado na Unidade de Água Potável do GAD-MT entre os meses de fevereiro e março de 2018.

4.4.1. Coleta das amostras

4.4.1.1 Pré-Filtragem

As amostras na pré-filtragem foram coletadas no reservatório do sistema de abastecimento em recipientes estéreis como é apresentado na Figura 10, para após serem refrigeradas e transportadas ao laboratório para a realização os análises físico-química e microbiológicas.

Figura 10. Coleta das amostras de água no reservatório.



4.4.1.2 Pós-Filtragem

Após a implantação do sistema de filtragem lento também foram realizadas as análises. As amostras foram coletadas no tanque final do sistema de tratamento em recipientes estéreis (Figura 11), refrigeradas e transportadas ao laboratório.

Figura 11. Recolecção das amostras de água após o sistema de filtragem



4.5 Análises dos parâmetros das amostras coletadas

As análises das amostras coletadas foram realizadas no Laboratório da Estação de Tratamento de Água Potável Colonso da prefeitura municipal de Tena com o apoio do técnico responsável do laboratório da estação de tratamento.

A norma equatoriana 10.7-602 (2014), estabelece os limites máximos permissíveis para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Quadro 4), a serem avaliados neste trabalho

Quadro 4. Limites máximo permissíveis dos parâmetros analisados.

Parâmetros	Unidades	Limite Máximo Permissível
Potencial hidrogeniônico (pH)	U	6.5 – 9.5
Temperatura	°C	-
Turbidez	NTU	20
Coliformes Totais	UFC	Ausência

A temperatura apenas a legislação canadense determina este parâmetro.

4.5.1 Análises Físico-químicos

i. Potencial hidrogeniônico (pH), Condutividade e Temperatura

A determinação dos parâmetros de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade e temperatura foram obtidos com o kit medidor portátil da marca ORION STAR, modelo A223, disponibilizado pelo laboratório da estação de tratamento de água Colonso.

ii. Turbidez

Para a determinação da turbidez na água foi utilizado o turbidímetro da marca HACH modelo 2100N (Figura 12). Para obter o resultado da turbidez, foi realizado triplicata e média aritmética. O equipamento foi fornecido pelo laboratório da estação de tratamento de água Colonso.

Figura 12. Turbidímetro HACH 2100N



4.5.2 Análises de coliformes totais

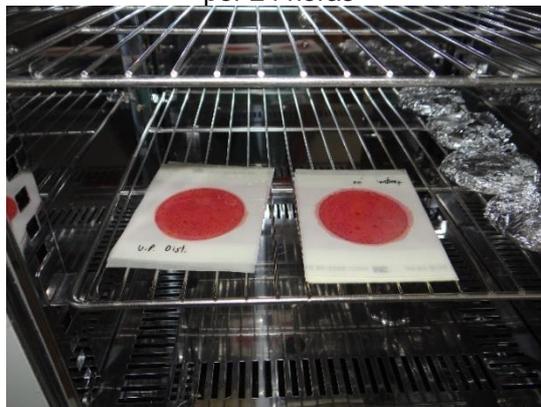
A contagem de coliformes totais foi realizada através do uso das placas Petrifilm Aqua Coliformes (AQCC) da Marca 3M. Para o procedimento de incubação as placas foram hidratadas com uma solução de 1 mL da amostra de água (Figura 13a), e depois foram levadas para a incubação por 24 horas a 35°C (Figura 13b).

Figura 13. Ensaio para o análise de coliformes totais

Figura 13a. Colocação das amostras de água nas placas.

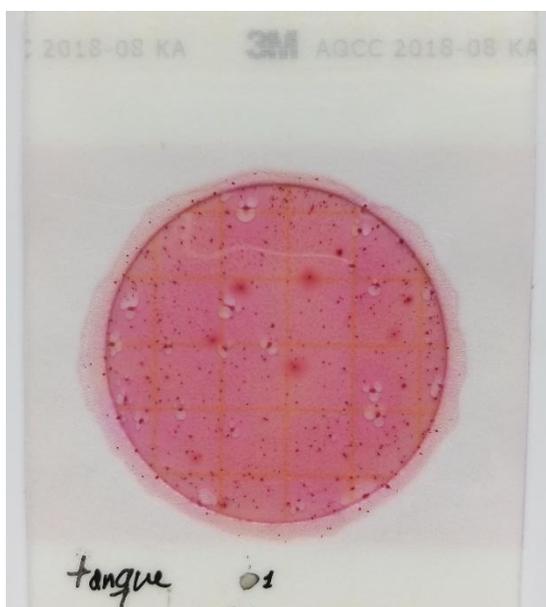


Figura 13b. Incubação das placas de contagem por 24 horas



O último ensaio consistiu na contagem visual das unidades de colônias de coliformes totais (Figura 14). Os equipamentos e instrumentos necessários para a análise foram fornecidos pelo laboratório da estação de tratamento de água Colonso, com exceção das placas de contagem Petrifilm Aqua.

Figura 14. Placa Petrifilm com unidades formadoras de colônias.



4.6 Cálculo da vazão do sistema de filtragem

Para verificar se a vazão do sistema de filtragem atinge a vazão do projeto, foi realizado a medição da vazão no tanque reservatório pós-filtragem. A vazão do sistema de filtragem foi realizada pelo método direto, o qual consiste em medir o tempo (t) para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente com volume conhecido (V).

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

Q : Vazão (litros/s);

V : Volume (litros);

t : tempo (s).

5 RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados e discussões dos cálculos e ensaios descritos anteriormente no Capítulo 4, desde o detalhamento construtivo do sistema de tratamento da água, as análises das amostras, e a eficiência do novo sistema de tratamento da água.

5.1 Escolha do sistema de tratamento de água implementado

Visando o baixo custo de implantação do sistema de tratamento de água, a disponibilidade de materiais na região e a facilidade de instalação e manutenção foi adotado um sistema de tratamento de água por filtração lenta de fluxo ascendente, proporcionando uma solução sustentável na gestão e uso de água nas comunidades indígenas.

O sistema de tratamento da água implementado foi baseado no modelo de Filtro Lento de Água Modelo Imaruí criado pela Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2005). Esse modelo usado pela Epagri consta de três etapas de tratamento da água, uma etapa de pré-filtração e duas etapas de filtração, os filtros são construídos por dois tubos apilhados de concreto de 0,825m de diâmetro e 0,8m de altura, mais um fundo falso de 0,4m de altura que é usado para limpeza do meio filtrante.

5.1.1 Escolha dos materiais para a construção do filtro.

Foi considerada a construção do sistema de abastecimento da água pelo método da Epagri mediante o uso de tubos de concreto e por outros materiais, dentre os quais foi analisado a construção dos filtros por:

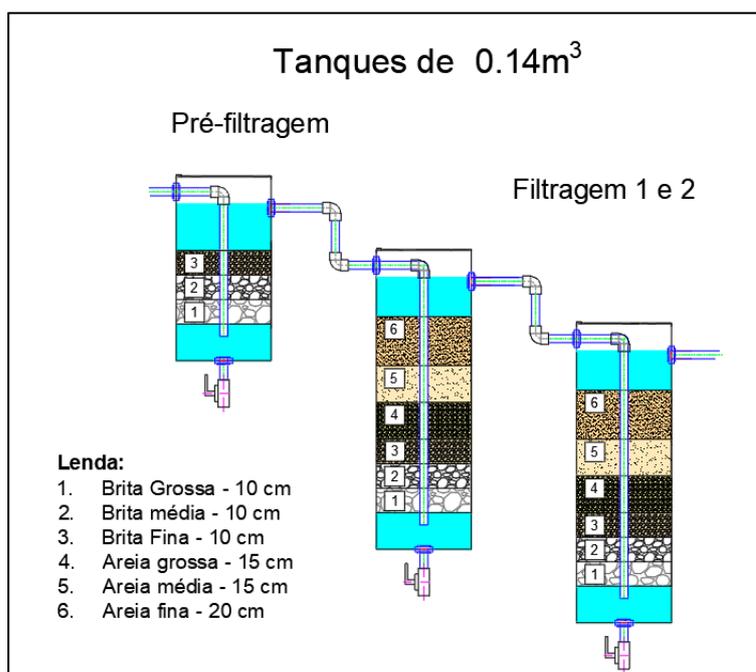
i. Tubos de concreto armado

O sistema de construção mediante a utilização de tubos de concreto armado foi descartado, devido à complexidade de corte dos tubos de concreto para a instalação do fundo falso e colocação dos acessórios. Além disso, pela dificuldade que ocasionaria o transporte dos tubos de concreto pelo irregular terreno da região, na qual só tem acesso por uma trilha de 315 m a pé até o local a ser implementado como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15. Trilha de acesso ao reservatório do sistema de abastecimento

ii. Pranchas de aço galvanizado soldadas de 122 cm x 242 cm

Para a construção por este método foram necessárias 3 pranchas de aço galvanizado as quais tem um valor de \$42 cada uma, dando um valor total de \$126. Cada filtro teria a capacidade de 142 litros, na Figura 16 é apresentado um pré-dimensionamento com este sistema construtivo.

Figura 16. Pré-dimensionamento do sistema de tratamento por pranchas de aço galvanizado.

A construção dos tanques para os filtros por pranchas de aço galvanizado foi descartada devido ao preço das pranchas, custo da soldagem para a fabricação dos tanques e volume menor que os tanques plásticos.

iii. Tanques de plásticos de 208 litros (galões americanos).

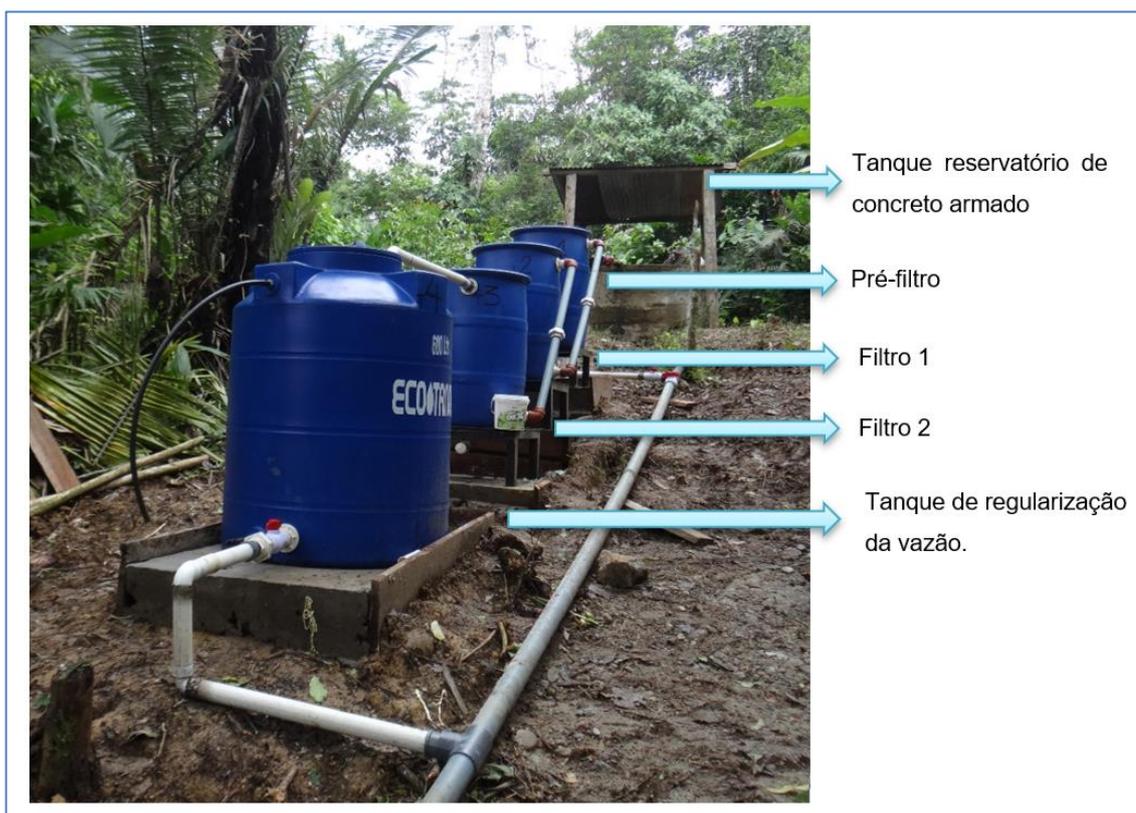
A melhor opção foi a escolha de tanques plásticos, pelas vantagens de seu volume, peso e facilidade de instalação dos acessórios que conformariam o sistema de filtragem. Cada tanque plástico custa \$65, dando um valor de \$195.

Embora o preço dos tanques plásticos seja maior que as pranchas de aço galvanizado, os tanques plásticos apresentam maior volume, e melhor facilidade na instalação e acoplamento dos acessórios do sistema de filtragem.

5.2 Construção e implementação do sistema de tratamento da água.

O tratamento de água constou de um sistema de filtragem, o qual foi dividido em um tanque de pré-filtragem, dois tanques de filtragem e um tanque reservatório para estabilizar a pressão do sistema de abastecimento, o qual é apresentado na Figura 17. O desenho do projeto buscou aproveitar a infraestrutura de abastecimento da água existente para executar o projeto minimizando os custos.

Figura 17. Esquema do sistema de filtragem



Após foram realizados os procedimentos para a construção e implementação do sistema de filtragem. A montagem dos suportes e instalação dos acessórios foram feitos antes de serem transportados até o lugar onde foi implementado o projeto.

Foram construídos os suportes das bases dos tanques de PVC, com perfis quadrados de aço de 5 cm (Figura 18), as dimensões do suporte são de 40x40 cm e 30 cm de altura.

Figura 18. Construção dos suportes das bases dos tanques de PVC



Posteriormente, foi realizado a perfuração nos tanques de água para colocação dos flanges e acessórios como é apresentada na Figura 19.

Figura 19. Perfuração e instalação de acessórios no tanque de PVC

Figura 19a. Perfuração dos tanques de PVC



Figura 19b. Instalação dos acessórios



Os transportes dos materiais até o local foram realizados uma parte com uso de veículo e depois realizado a pé, com a ajuda dos membros da comunidade, devido à impossibilidade de acesso de veículos (Figura 20).

Figura 20. Transporte dos materiais até o lugar de implantação do projeto

Figura 20a. Transporte dos materiais na camionete até a comunidade



Figura 20b. Transporte dos materiais ajudado pela comunidade.



Uma vez com os materiais no local de implantação, foi realizado o desmatamento, limpeza do terreno, construção das formas para concretagem e elaboração do gabarito da obra com ajuda dos membros da comunidade e um mestre de obra (Figura 21).

Figura 21. Preparação do local de e instalação do projeto

Figura 21a. Limpeza e desmatamento do terreno



Figura 21b. Construção das formas**Figura 21c.** Execução do gabarito da obra

Foram construídas as fundações superficiais tipo radier onde foram colocados os tanques de PVC dos filtros. Para o melhoramento do solo na base das fundações foram colocadas rochas, depois foi enchido com concreto magro, colocado a armadura da fundação e finalmente procedeu-se com a concretagem das lajes da fundação (Figura 22).

Figura 22. Construção das fundações do projeto.**Figura 22a.** Melhoria do solo da fundação.**Figura 22b.** Colocação da armadura nas lajes da fundação**Figura 22c.** Regularização da fundação com concreto magro**Figura 22d.** Concretagem e nivelamento das lajes de fundação

Após a construção das lajes onde foram apoiados os filtros, foi realizada a construção dos filtros. Foi construída a base de apoio do leito filtrante (Figura 23) por um perfil de aço quadrado de 25 mm soldado a uma grelha de aço, para finalmente ser pintado com tinta anticorrosiva.

Figura 23. Construção da base de apoio do leito filtrante dos filtros.

Foi instalada a entrada de água do filtro, mediante a colocação de uma tubulação de entrada de 38,1 mm de diâmetro, a qual foi perfurada (Figura 24a) em toda a sua superfície de maneira uniforme e depois fechada com um cap roscável (Figura 24b) para aumentar a perda de carga e diminuir a turbulência (Figura 24c). Por último foi colocada a base do leito filtrante no filtro (Figura 24d).

Figura 24. Construção do leito filtrante**Figura 24a.** Perfuração do tubo da entrada da água**Figura 24b.** Construção da rosca na tubulação com a entalha.

Figura 24c. Instalação da entrada da água no filtro.



Figura 24d. Colocação do suporte do leito filtrante



Para a construção dos leitos filtrantes foram usados:

- Pedras vulcânicas de diâmetro máximo 10cm; (este tipo de pedras possui uma alta porosidade na sua superfície) (Figura 25).
- Areia media;
- Areia grossa;
- Brita de 6,35mm (1/4");
- Brita de 9,53mm (3/8");
- Brita de 12,70mm (1/2");
- Brita de 19,05mm (3/4");
- Brita de 25,4mm (1").

Figura 25. Pedra vulcânica de diâmetro máximo 10 cm.



A areia grossa e média foram doadas pela estação de tratamento de água potável Colonso da cidade de Tena, e as britas foram doadas pela mina Canoayacu. A areia foi peneirada para retirar impurezas e material orgânico como folhas, galhos e assim garantir a qualidade da areia (Figura 26).

Figura 26. Peneiramento da areia



Depois foi realizada a demarcação dos limites das camadas do leito filtrante do pré-filtro e filtros. Foi realizado a lavagem dos materiais filtrantes (Figura 27), para a separação das camadas filtrantes e foi colocada uma tela geotêxtil (Figura 28).

Figura 27. Lavagem dos matérias filtrantes.



Figura 28. Separação das camadas filtrantes por tela geotêxtil

5.3 Configuração final do sistema de filtragem

O sistema de filtragem final é do tipo de fluxo ascendente, possui um pré-filtro e dois filtros. A areia fina foi descartada do projeto porque pode reduzir a vazão além de entupir o filtro.

5.3.1 Configuração do pré-filtro.

A configuração do leito filtrante do pré-filtro foi a seguinte (de baixo para cima):

- 10 cm de pedra vulcânica;
- 15 cm de brita de 25,4mm (1");
- 15 cm de brita de 19,05mm (3/4");

5.3.2 Configuração dos filtros

Os filtros foram configurados como é descrito (de baixo para cima).

Filtro 1:

- 10 cm de brita de 12,70mm (1/2");
- 10 cm de brita de 9,53mm (3/8");
- 10 cm de brita de 6,35mm (1/4");
- 15 cm de areia grossa.

Filtro 2:

- 10 cm de brita de 9,53mm (3/8");
- 10 cm de brita de 6,35mm (1/4");
- 15 cm de areia grossa;
- 15 de areia media.

5.4 Operação e manutenção

Antes do começo da operação do sistema de filtragem foi realizada a limpeza do reservatório de concreto armado (Figura 29a), e foram abertas as válvulas de purga das redes de condução e abastecimento (Figura 29b).

Figura 29. Limpeza da rede de condução e abastecimento.

Figura 29a. Limpeza do tanque reservatório da comunidade.



Figura 29b. Abertura das válvulas de purga do sistema de condução e abastecimento.



Foi construído um *by-pass* antes do sistema de filtragem (Figura 30) para que o operador ou pessoa encarregada possa realizar a manutenção e limpeza periódica. Assim pode-se oferecer o serviço da água à comunidade de forma ininterrupta.

Figura 30. *By-pass* de limpeza do sistema de filtragem



Este tipo de filtro apresentou a vantagem que para realizar a limpeza tem que ser aberto a válvula localizada na parte inferior de cada filtro (Figura 31). Dessa forma realiza-se uma lavagem hidráulica, até que a água fique visivelmente clara.

Figura 31. Válvula de limpeza dos filtros



Uma vez iniciada a operação do filtro foram procurados vazamentos e percolações que pudessem haver sido produzidas na construção, e procedeu-se à verificação da vazão no último ponto da rede de abastecimento (Figura 32), a qual chegou com a pressão adequada para seu consumo.

Figura 32. Verificação da vazão no último ponto do sistema de distribuição.



Após 5 dias de funcionamento do sistema de filtragem, pode-se observar a formação da camada biológica no topo do leito filtrante, conhecida por “schmutzdecke”. A eficiência do filtro depende da formação dessa camada biológica a qual demora desde alguns dias até semanas para se formar como pode ser observada na Figura 33, a qual apresenta uma cor marrom.

Figura 33. Formação da camada biológica “schmutzdecke”.

Figura 33a. Primeiro dia de operação.



Figura 33b. Quinto dia de operação.



5.5 Cálculo da população futura abastecida

A variação populacional futura desde o ano 2017 até o ano 2024, calculada pela Equação 1 é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativa da população do horizonte de projeto

Ano	População Killuyacu (Hab)
2017	63
2018	64
2019	65
2020	66
2021	67
2022	68
2023	69
2024	70

5.6 Determinação da vazão média (Qm)

As vazões médias (Qm) atuais e futuras da comunidade, calculadas pela Equação 2 são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Vazões médias do projeto.

Ano	Qm (l/s)
2018	0,0756
2024	0,0972

5.7 Vazão máxima diária (QMD)

A partir dos resultados da vazão média e através da Equação 3, foi estimada a vazão máxima diária (QMD) para a população existente e futura, a qual é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Vazões máximas diárias

Ano	QMD (l/s)
2018	0,0944
2024	0,1215

5.8 Cálculo da vazão de desenho da condução

A vazão de desenho calculada foi de 0,1337 litros/segundo. Esta é a vazão necessária para abastecer a população futura da comunidade.

5.9 Resultados das análises físico-químicos e microbiológicos

A primeira amostra foi coletada no dia 19 de fevereiro do 2018 no tanque reservatório de concreto do sistema de distribuição antes da construção do filtro. A completa operação do filtro iniciou-se no 28 de fevereiro de 2018 e no dia seguinte realizou-se a primeira coleta das amostras de água para posterior análise da qualidade.

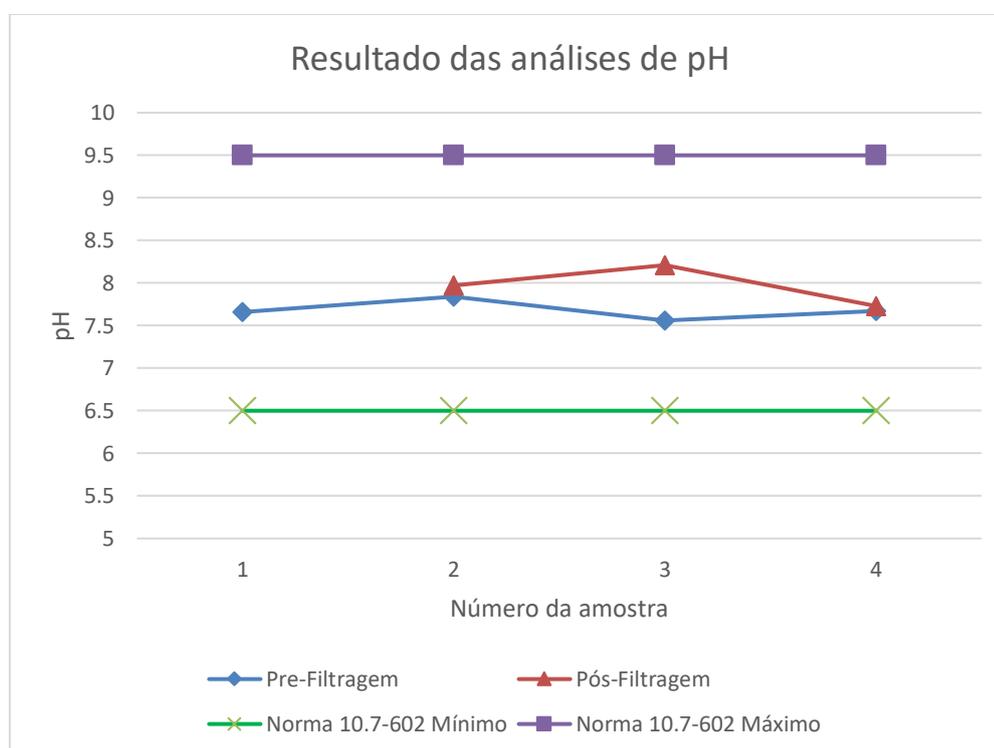
5.9.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados das análises do pH foram obtidos em duas fases; antes e após o sistema de filtragem os quais são apresentados na Tabela 6. Na Figura 34 pode-se observar os limites máximos e mínimos estabelecidos pela norma equatoriana 10.7-602 (2014).

Tabela 6. Resultados das análises do pH

Amostras	Data da coleta	Chuva nas últimas 24 horas	Pré-filtragem (pH)	Pós-Filtragem (pH)
1	19/02/2018	Sim	7,66	-
2	01/03/2018	Sim	7,84	7,97
3	05/03/2018	Não	7,56	8,21
4	07/03/2018	Sim	7,67	7,73

Pode-se observar na Tabela 6, que os valores do potencial hidrogeniônico (pH) atendem os valores limites estabelecido pela norma equatoriana 10.7-602 (2014) com os valores limites de 6,5 a 9,5. Além disso, se observa um pequeno aumento do pH em 3,68 % depois do sistema de filtragem, possivelmente devido a tipo do material filtrante como as rochas vulcânicas usadas no pré-filtragem.

Figura 34. Variação do pH nas amostras no pré-filtragem e pós-filtragem.

5.9.2 Turbidez

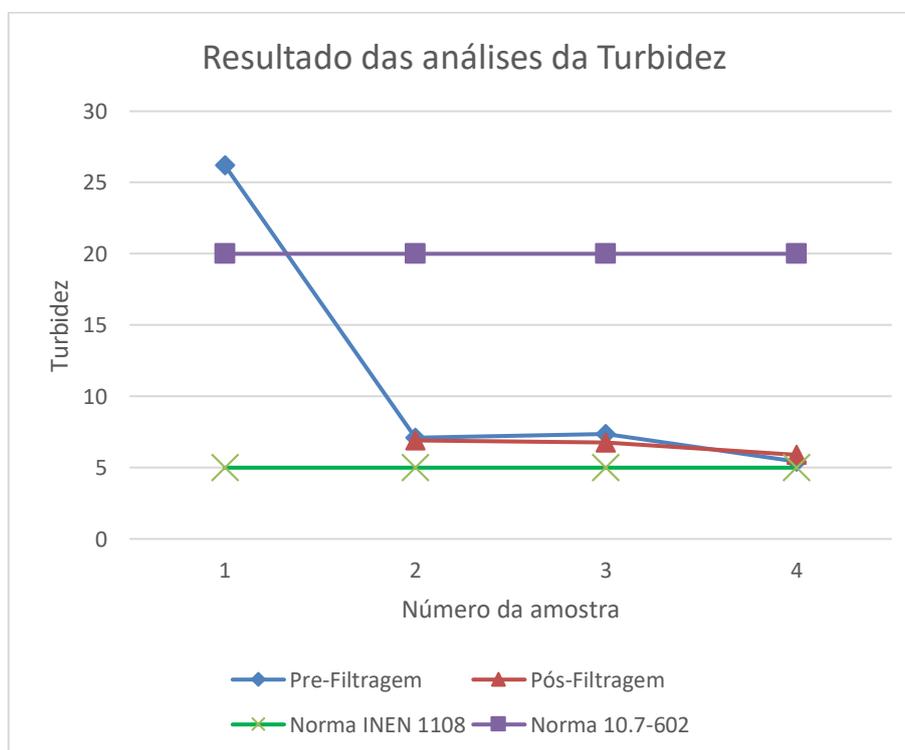
Os resultados da turbidez antes e após do sistema de filtragem estão apresentados na Tabela 7. Além disso, na Figura 35 pode-se observar os limites máximos da turbidez estabelecidos pela norma equatoriana 10.7-602 (2014) e a norma ITEN 1108 (2014).

Tabela 7. Resultados da Turbidez

Amostras	Data da coleta	Chuva nas últimas 24 horas	Pré-filtragem (NTU)	Pós-Filtragem (NTU)
1	19/02/2018	Sim	26,2	-
2	01/03/2018	Sim	7,09	6,91
3	05/03/2018	Não	7,35	6,75
4	07/03/2018	Sim	5,43	5,29

NTU: Unidade Nefelométrica da Turbidez

Analisando os resultados de turbidez, observa-se que a primeira amostra antes da implementação do sistema supera os valores limites das normas equatorianas, possivelmente porque ainda não tinha sido realizada a limpeza do sistema de captação e abastecimento da rede para instalação do sistema de filtragem. Logo após o sistema implantado ocorreu uma redução da turbidez em todas as amostras, que ficam dentro do limite da norma equatoriana 10.7-602 (2014).

Figura 35. Variação da Turbidez (NTU)

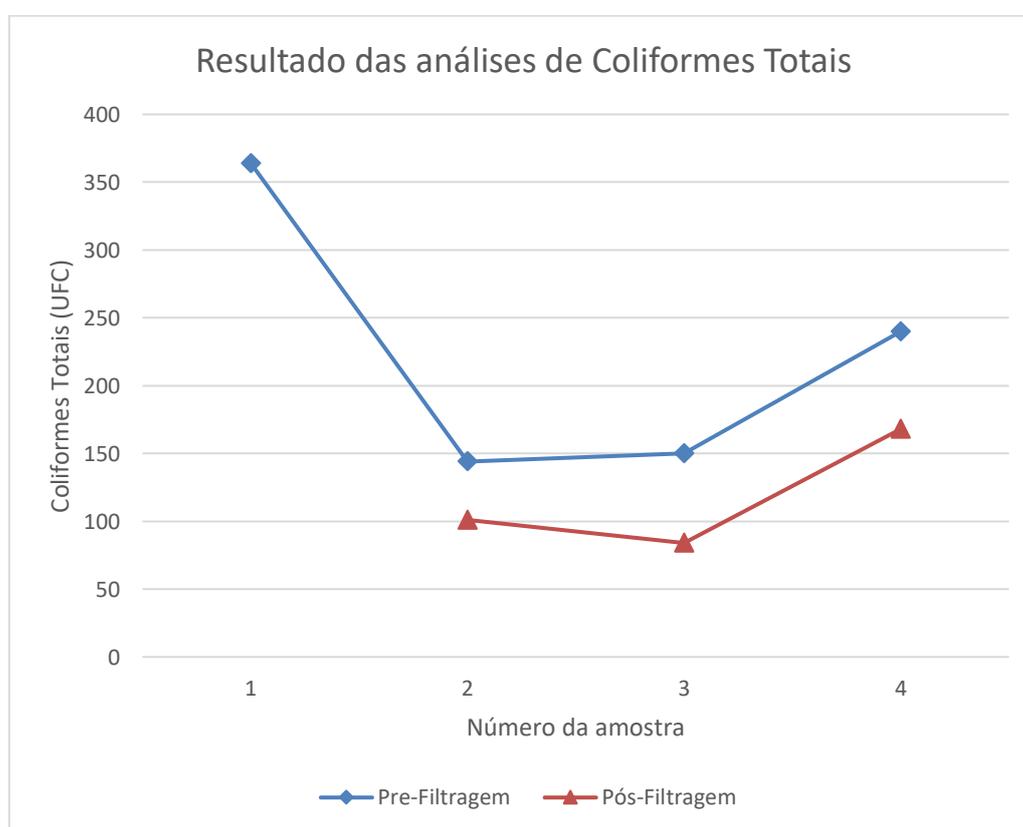
5.9.3 Coliformes totais

Os resultados das análises de coliformes totais e datas das coletas das amostras são apresentados na Tabela 8. Além disso, na Figura 36 observa-se as variações das unidades formadoras de colônias (UFC) das amostras.

Tabela 8. Resultados das análises de Coliformes Totais

Amostras	Data da coleta	Chuva nas últimas 24 horas	Pré-filtragem (UFC)	Pós-Filtragem (UFC)	Porcentagem de redução de Coliformes Totais (%)
1	19/02/2018	Sim	364	-	-
2	01/03/2018	Sim	144	101	29,86
3	05/03/2018	Não	150	84	44,00
4	07/03/2018	Sim	240	168	30,00

Observa-se que em todas as amostras analisadas existe a presença de coliformes totais. No entanto, foi verificada uma redução de 34,62% de coliformes totais nas etapas de pós-filtragem, mas nenhuma atingiu a ausência de coliformes totais como exigida pela norma.

Figura 36. Variação dos Coliformes Totais no pré-filtragem e pós-filtragem

5.10 Vazão do sistema de filtragem

A vazão do sistema de filtragem foi estimada pelo método direto (Figura 37) já descrito anteriormente. Foram realizadas 10 leituras, e o volume da medição foi de 10 L. Na Tabela 9, são apresentadas as leituras dos tempos e a vazão calculada.

Tabela 9. Cálculo da vazão na saída do sistema de filtragem

Leitura	Volume	Tempo	Vazão
	(L)	(s)	(l/s)
1	10	28.26	0.35
2	10	29.63	0.34
3	10	28.18	0.35
4	10	28.39	0.35
5	10	28.09	0.36
6	10	28.25	0.35
7	10	28.11	0.36
8	10	28.16	0.36
9	10	27.89	0.36
10	10	28.82	0.35
Media			0.35
Desvio Padrão			0.0061

Figura 37. Determinação da vazão pelo método direto

5.11 Socialização sobre o novo sistema de tratamento da água para a comunidade.

A jornada de socialização do projeto sobre o filtro lento implementado na comunidade, foi levado a cabo durante três dias na comunidade de Killuyacu. Durante os dias da construção do filtro parte da população da comunidade, junto com os líderes foram conduzidos por cada uma das fases da construção, desde o peneiramento da areia, até a implementação e operação do filtro; onde eles conseguiram observar e entender o processo de construção. Além disso, foi realizada uma roda de conversa informando sobre a importância de consumo da água tratada e como a água potável pode influenciar na qualidade da vida. Assim, foi demonstrado que o projeto instalado é uma excelente alternativa para melhorar a qualidade da água.

Posteriormente foi ensinado para alguns membros da comunidade como tem que ser realizada a manutenção periódica e limpeza, tanto do sistema de condução, abastecimento e sistema de filtragem. Também foi disponibilizado no local do filtro, materiais filtrantes protegidos da intempérie e devidamente almoxarifado de todas as granulometrias para que sejam repostas em manutenções e limpezas futuras.

5.12 Custo do filtro natural lento de fluxo ascendente

Os custos de implantação do projeto são detalhados na Tabela 10. A mão de obra foi desconsiderada do projeto, devido à ajuda oferecida pela comunidade com a exceção do mestre de obras e o soldador. Os preços são apresentados em dólares americanos.

Tabela 10. Custos de materiais para construção do filtro

Descrição	Quantidade	Preço (\$)	Total (\$)
Tubo roscável de 38,1 mm x 6 m	1	26,79	26,79
Universal de 38,1 mm Tigre	5	6,90	34,5
Joelho roscável 38,1 mm x90 Plastigama	10	1,79	17,9
Joelho roscável 50 mm x90 Plastigama	4	1,25	5,00
Flange de tanque 38,1 mm Tigre	11	3,70	40,70
Perfil quadrado preto (50x50)x2mm x 6m	2	17,63	35,26
Eletrodo AGA 6011 C-13 x 3,175 mm	3	1,56	4,68
Tinta anticorrosiva – Dura Color Cinza Litro	1	3,8	3,80
Tinta anticorrosiva – Dura Color Preta Litro	1	2,90	2,90
Wipe econômico	1	0,89	0,89
Fita veda rosca 15m x 19 mm	5	0,89	4,45
Permatex 3 onzas (85 gramas)	2	1,79	3,58
Barra de aço de 8mm x 12m	2	4,38	8,76
Cap Roscável 38,1 mm	6	1,12	6,72
Adaptador soldável Tigre 50mm a 1 1/2"	3	2,60	7,80

Adaptador soldável Tigre 63 mm x 2"	2	3,50	7,00
Niple 38,1 mm	14	1,60	22,40
Registro Borboleta PVC 38,1 mm	2	6,00	12,00
Registro Borboleta PVC 50 mm	1	7,50	7,50
Tubo PVC 63 mm	2	4,50	9,00
Adaptador Soldável Tigre 63mm a 50 mm	1	4,90	4,90
Cola para tubulação PVC 125cc	2	3,25	6,50
Tíner 1L	1	1,75	1,75
Tubo PVC 50 mm x 6m	2	3,60	7,20
Tanque 208 litros	3	65,00	195,00
Tanque 600 litros	1	76,00	76,00
Grelha de aço	1	54,00	54,00
Mão de obra do soldador x dia	1	25,00	25,00
Mão de obra do mestre de obra x dia	2	25,00	50,00
Areia, pedra e britas (Doador)			0
Cimento 50 kg	2	7,90	15,80
TOTAL			697,78

6 CONCLUSÕES

Desde o processo de construção até a implementação do projeto final foi possível observar o grande potencial da proposta deste trabalho. Além dos resultados de melhoria da água para a população da comunidade, conseguiu-se mostrar aquelas pessoas os benefícios para sua saúde. Mediante a construção do sistema de filtração natural lento, tornou-se possível obter uma melhoria na qualidade da água principalmente na redução de 34,62% dos coliformes totais nas etapas de pós-filtração e na redução da turbidez, desta forma cumprindo o objetivo estabelecido.

Conseguiu-se elaborar um modelo de filtração de acordo com a região já que o local de estudo se encontra numa área de difícil acesso. A configuração e montagem foi realizada seguindo-se parâmetros de simplicidade e baixo custo que podem ser reproduzidas em locais semelhantes sem a necessidade de mão de obra capacitada. O sistema de filtração atingiu a vazão futura de projeto calculada, assim fornecendo água de maneira ininterrupta para a população.

Conclui-se que o projeto foi além do esperado, pois foi possível ensinar e capacitar à população da importância, educação e consciência do consumo da água tratada e como a água potável pode melhorar a qualidade de vida e a saúde. Além disso, a comunidade aprendeu desde o funcionamento, manutenção e proteção do projeto e sistema de abastecimento de forma periódica.

Sugestões para trabalhos futuros

- Devido a impossibilidade de verificar a totalidade da remoção de coliformes totais, já que a camada biológica "schmutzdecke" demora semanas até formar-se totalmente, e as coletas das amostras foram realizadas após 7 dias de operação do filtro, sugere-se fazer as coletas com um maior tempo de acompanhamento e avaliar a evolução da eficiência.
- Desenvolver um dosador de cloro automático para melhorar a desinfecção da água no tanque de regularização da vazão.
- Experimentar o sistema de filtração com diferentes tipos de materiais do leito filtrante e analisar sua influência nas propriedades e parâmetros da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público, 1992.

ATENCIÓNN PRIMARIA Y SANEAMIENTO BÁSICO (APRISABAC). **Saneamiento Básico Rural: Manual de Procedimientos Técnicos en Sanaeamiento**, Cajamarca, 1997. Disponível em: <<http://www.minsa.gob.pe/publicaciones/aprisabac/44.pdf>>. Acesso em: 02 Junho 2017.

BOLAÑOS, J. L. **Levantamento Fotografico da comunidade de Killuyacu**, Tena, 2017.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). **Diagnóstico das estadísticas da água no Ecuador**, Ecuador, 2012. Disponível em: <<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20Ilc%202012-2.pdf>>. Acesso em: 28 Maio 2017.

CUERPO DE INGENIEROS DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. **Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador**, 1998. Disponível em: <http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/6/44576/04_EC-evaluacion-recursos-agua.pdf>. Acesso em: 29 Maio 2017.

EPAGRI. Sistema de Tratamento de Água para o Meio Rural com Filtro Lento Modelo Imaruí. **Boas Práticas para o Desenvolvimento Sustentável**, Santa Catarina (2005). Disponível em: <<http://www.boaspraticas.org.br/index.php/pt/areas-tematicas/alimentacao/663-imarui>>.

FONDO DE COOPERACIÓN PARA AGUA E SANEAMIENTO (FCAS). **El agua y el saneamiento en Ecuador**. Disponível em: <<http://www.fondodelagua.aecid.es/es/fcas/donde-trabaja/paises/ecuador.html>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

GARCES, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. Segunda. ed. São Paulo: Blucher, 1976.

GONZALES DE VALLEJO, L. **Ingeniería Geológica**. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, 2002.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). **Fascículo Nacional, Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador**, 2010. Disponível em:

<http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculo_nacional_final.pdf>. Acesso em: 29 Maio 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROGÍA E HIDROLOGÍA (INAMHI). **Anuario Meteorológico** N° 52-2012, Quito, 2015. Disponível em: <<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>>. Acesso em: 15 junho 2018.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Tercera. ed. Campinas: Átomo, 2010.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. NTE INEN 1108: *Agua Potable. Requisitos*, Quito, 2014. Disponível em: <<http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>>.

PRADILLO, B. Parámetros de control del agua potable. **iagua**, Septiembre 2016. Disponível em: <<http://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>>.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo: [s.n.], 2009.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. **Tratamento de água**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1991.

SECRETARÍA DEL AGUA. NORMA CO 10.7 - 602. **NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL**, 2014. Disponível em: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

SORGATO, V. *Ecuador consume más agua en la región*. **El Comercio**, Quito, 14 noviembre 2015. Disponível em: <<http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/noviembre-14-del-2015/ecuador-consume-mas-agua-en-la-region>>.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VISSCHER et al. **Filtración Lenta en Arena Tratamiento de Agua para Comunidades**. Cali: Centro Inter-Regional de abastecimento y remoción de agua (CINARA), 1992.