

O CICLO DA ÁGUA NA ESCOLA – EXPERIMENTO DE SUSTENTABILIDADE PARA ESCOLAS PÚBLICAS

THE WATER CYCLE AT SCHOOL - SUSTAINABILITY EXPERIMENT FOR PUBLIC SCHOOLS

Laura de Siqueira Duarte¹; Roberto Lucas Junior².

¹Arquiteta e Urbanista | laura.knd@gmail.com | Sem afiliação | Rio de Janeiro, Brasil;

²Doutor | rlucasjunior@gmail.com | PUC-RIO | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:

Este artigo destaca a importância do uso de técnicas e tecnologias sustentáveis na arquitetura, reforçando sua função na educação, assim como o papel do setor de construção civil na crise climática. Para tanto, desenvolveu-se um projeto exploratório de equipamento escolar que buscou propor espaços com o potencial de transformar a aquisição de conhecimento em algo divertido e desejado. Esses equipamentos propostos consideram que os alunos possam acompanhar, na prática, as etapas do ciclo sustentável da água, desde a sua captação até o seu retorno ao ambiente, incluindo o tratamento de águas residuais. O trabalho sustenta que a arquitetura precisa assumir um papel não só passivo quanto à sustentabilidade, mas sim expositivo e didático, gerando uma face educacional, recreativa e mais holística. Com isso, o trabalho faz emergir novas facetas mais expositivas da sustentabilidade, com diretrizes que possam ser levadas para outros projetos de educação infantil.

Palavras-chave:

Sustentabilidade; Biofilia; Arquitetura Escolar; Saneamento vivo.

Abstract:

This article highlights the importance of using sustainable techniques and technologies in architecture, reinforcing their role in education, as well as the role of the construction industry in the climate crisis. To this end, a project of an exploratory school equipment was developed that aimed to propose spaces with the potential to transform the acquisition of knowledge into something fun and desirable. This proposed equipment allows students to follow, in practice, the stages of the sustainable water cycle, from its collection to its return to the environment, including wastewater treatment. The study argues that architecture needs to take on not only a passive role in sustainability, but also an expository and didactic one, generating an educational, recreational, and more holistic aspect. With this, the study brings out new, more expository facets of sustainability, with guidelines that can be taken to other early childhood education projects.

Keywords:

Sustainability; Biophilia; School Architecture; Living machine.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos já é uma realidade em diversas regiões do mundo. Esses eventos causam impactos significativos na saúde humana, na produção de alimentos, na infraestrutura e na economia. A fim de mitigar os potenciais efeitos desse cenário, é importante investir em medidas de adaptação para reduzir os impactos das mudanças climáticas, como a construção de infraestruturas mais resilientes e o desenvolvimento de iniciativas sustentáveis - desde as práticas agrícolas até os paradigmas da construção de cidades, passando pelo a redução da emissão de gases como o dióxido de carbono, provenientes da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento – sem esquecer a premissa da justiça climática.

Nesse contexto, no campo da arquitetura, fica claro que não é mais suficiente assumir um papel passivo no que tange à sustentabilidade: é necessário que a arquitetura tenha um papel expositivo e didático, gerando uma face educacional em seus projetos. Para reverter a situação catastrófica da emergência climática e construir arquiteturas resilientes, torna-se improtelável que as construções sejam carbono negativo e que seu impacto transcenda o limite físico da construção.

Nesse ponto, deve-se ressaltar a potência da educação ambiental e da criação de uma consciência ambiental desde a infância. Como dizem Oliveira et al (2021 p.2), a Educação Ambiental “tem potencial de contribuir para transformações socioambientais fundamentais na sociedade contemporânea”.

De acordo com Paulo Freire (2007), a educação reconhece o indivíduo como agente ativo na construção da história e na transformação da realidade presente e futura. Assim, é por meio das experiências, das histórias de vida e da identidade dos educandos que se viabiliza sua inserção plena no processo educativo.

A consolidação de uma sociedade sustentável depende, portanto, da ampliação de propostas pedagógicas fundamentadas no paradigma da complexidade. Jacobi (2014) sustenta que tais propostas devem estimular posturas críticas e reflexivas diante das questões ambientais, com o objetivo de compreender o ambiente como um campo de formação cidadã, de produção de saberes e de transformação de comportamentos.

Amparados por essas considerações, buscou-se explorar as possibilidades de conscientizar as crianças sobre a importância de valorização de espaços sustentáveis. Entende-se que as modificações efetivas na sociedade reforçam suas raízes quando trabalhadas desde a tenra infância. Afinal, como dizem Azevedo et al. (2004):

Muitas vezes a escola é o primeiro contato com noções muito importantes para a vida em sociedade, como a noção de comunidade, equidade, diversidade, habilidades de socialização e a vontade de buscar conhecimento. (Azevedo et al,2004 s/p)

A criação de uma escola que use a arquitetura sustentável como metodologia de ensino, expondo seus equipamentos e permitindo uma maior interatividade poderia, assim, apresentar um grande impacto futuro na forma da sociedade se relacionar com o meio-ambiente.

Desta forma, no âmbito de um trabalho acadêmico, foi desenvolvido um projeto de arquitetura como ferramenta para tornar os espaços mais afetivos com seus usuários, por meio do estímulo à conscientização de questões de cidadania junto ao público infantil. Entende-se que:

Quando uma criança vê uma entrada sempre acessível ela começa a entender intrinsecamente a ideia de inclusão e igualdade, da mesma forma quando ela vê um esforço de reaproveitar a água ou de coletar água da chuva. Torna-se muito mais fácil de assimilar esse conceito, pois foi colocado como ‘esperado’ e ‘comum’. (Duarte, 2022 p. 37)

Com esse projeto-piloto desenvolvido na localidade de Vargem Grande, Rio de Janeiro, buscou-se propor um espaço verde no bairro que seria aberto para a comunidade local, ensinando não apenas aos alunos, mas à coletividade, como proteger e coexistir com o meio ambiente.

No presente artigo, em função do tamanho reduzido de texto, propõe-se o foco exclusivamente nos equipamentos voltados para o ciclo da água. Dessa forma, será possível um maior aprofundamento nas considerações técnicas que podem subsidiar programas de aprendizado e novas diretrizes para

promover o maior contato com os processos de captação, tratamento, reuso e descarte da água e, conseqüentemente, com a sustentabilidade nas construções.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Sustentabilidade é um conceito relacionado ao desenvolvimento onde se visa “sustentar” a coexistência do ser humano e o planeta, ou seja, formado por um conjunto de ideias, estratégias e demais atitudes ecologicamente corretas, economicamente viáveis, socialmente justas e culturalmente diversas.

As ramificações do tema da sustentabilidade são infinitas e permeiam muitas pesquisas e trabalhos de arquitetura. A cada dia há novas invenções de materiais, técnicas e tecnologias que visam mitigar o impacto que o setor da construção causa na natureza como, por exemplo, telhas feitas a partir de fibra de coco, luminária a partir de cogumelos, tijolos ecológicos e formas de resfriar ambientes sem o uso de eletricidade.

Por outro lado, o conceito de biofilia, quando ligado à arquitetura, diz respeito ao bem-estar que é proporcionado pela aproximação com a natureza, a valorização de refúgios verdes e a otimização de condições locais para alcançar o conforto ambiental (Kellert, Heerwagen, e Mador, 2008). Enquanto a arquitetura sustentável é um conceito amplo que envolve diversas práticas voltadas para a redução do impacto ambiental das construções (como, por exemplo, o aproveitamento da água da chuva, a captação de energia solar, o uso de materiais recicláveis ou de baixo impacto ambiental e estratégias de construção que minimizem o desperdício e promovam eficiência energética), a arquitetura biofílica, embora também esteja inserida no contexto da sustentabilidade, tem um foco mais específico. Ela busca adaptar o projeto arquitetônico às condições climáticas locais, como a orientação solar, a ventilação natural, a umidade e a temperatura, de modo a explorar de forma inteligente os recursos naturais disponíveis no entorno (Browning, Ryan e Clough, 2014).

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) buscam resolver problemas sociais, ambientais e econômicos, almejando o bem-estar humano e a preservação da biodiversidade. Essas ações são inspiradas e apoiadas pela natureza, usando processos naturais para alcançar objetivos específicos, como gestão da água, mitigação de riscos de desastres e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência das cidades contra desafios urbanos como enchentes, ilhas de calor e escassez hídrica (Laforteza et al., 2018). Essas técnicas englobam infraestrutura verde urbana (IV), adaptação baseada em ecossistemas (AbE), floresta urbana e inúmeras tipologias das SbN que visam evitar o escoamento superficial, possibilitando a infiltração no local ou em áreas próximas, detenção e retenção das águas. Alguns exemplos são jardins de chuva, biovaletas, parques fluviais e os sistemas de saneamento vivo (Fruit, Haas, 2020).

Herzog (2021) defende que a aplicação das SbN deve ser feita de maneira holística e integrada, pois, assim como a natureza, a cidade é um conglomerado complexo de diversos organismos e processos. Para a implementação de um sistema eficiente, a autora enfatiza a importância de ter compreensão sistêmica do problema e uma resposta coletiva com diferentes áreas, permitindo, assim, a existência de cidades verdadeiramente resilientes aos impactos climáticos.

Com o avanço da crise climática vem surgindo novas formas de projetar cidades incorporando cada vez mais esses conceitos vistos. As cidades-esponja (Yu K. et al., 2015), criado pelo paisagista e urbanista chinês Kongjian Yu, parte da ideia de que a cidade deveria ter equipamentos que funcionassem como “esponjas”, absorvendo água quando há uma insurgência súbita de grandes volumes e soltando-a aos poucos, recarregando aquíferos e mantendo cursos d’água vivos enquanto contribui para a mitigação da poluição difusa causada pelo escoamento superficial. O conceito de “cidades mais sensíveis à água”, se baseia na integração de infraestruturas verdes e azuis, como parques, jardins, lagos e pântanos artificiais, para aumentar a permeabilidade do solo e a capacidade de retenção de água (Wong e Brown, 2009; Marchioni, M. et al., 2022).

Todos esses conceitos destacam o papel da água no cenário urbano e a importância de pensarmos na cidade de forma sustentável, mas o que pode ser feito em uma escala menor?

O espaço é um agente dinâmico da formação dos seres humanos; ele nos permite a experiência das ambiências e, através da experiência vivida, criar conhecimentos (Duarte et al., 2022). O autor Edward Hall (1994) avenera que o espaço é uma linguagem silenciosa e essa linguagem invisível do espaço, em um cenário de educação, possibilita a criação de ambientes que abrem portas para as crianças explorarem diversas atividades e oportunidades para uma experiência educacional mais rica. Por meio dessa interação com o espaço é possível passar noções de cultura, cidadania e preservação, além de conceitos como apropriação e socialização.

Os ambientes devem permitir ao aluno descobertas de si mesmo e do mundo - espaços que favorecem sua apropriação e transformação pela própria ação das crianças no sentido de conhecer o ambiente sem medos e de encorajá-los a participar de sua organização. (Azevedo et al, 2004 p.3)

Os humanos são seres sociais, necessitam de uma relação com o outro, mas também uma relação com o meio ambiente e o espaço físico (Maslow, 1954). Essa relação do indivíduo com o Lugar vem de uma vivência experienciada ali, uma tradição ou acontecimento que cria uma memória afetiva e, portanto, um vínculo que, por sua vez, desenvolve a sensação de pertencimento. Segundo Lambert et al (2013) o sentimento de pertencimento é construído essencialmente a partir de elementos de história, sociais e ambientais.

A apropriação de um lugar acontece quando o sujeito funde sua própria expressão a um lugar a que se sente pertencente, mostrando um apego do indivíduo ao espaço.

“a apropriação envolve o conceito de posse do território, não em termos legais, mas no que tange à identificação e apego dos sujeitos ao ambiente e à liberdade para intervir no mesmo, conferindo a ele sua marca pessoal” (ELALI, 2009).

Os arquitetos Mowerman e Sanchez, com a escola El Guadual Children Center (Archdaily), destacam como é possível notar que aumentar o contato das pessoas com a sustentabilidade promove uma consequente aprendizagem que pode se transformar em um conhecimento e ser levado adiante. Nesse exemplo, o ciclo da água é feito de forma que permite que as crianças interajam com ela como um elemento recreativo. A escola também oferece espaços abertos, obstáculos e múltiplas variáveis para navegar pelo centro, além de salas conectadas através de montanhas, pontes, escadas e escorregas que promovem, através da arquitetura, um ambiente de desenvolvimento individual e educação uma experiência recreativa.

Foi nesse sentido que o experimento que está na base deste artigo foi construído. Buscou-se, por meio de estudos e prática projetual, imaginar um modelo que sustentasse a possibilidade de estabelecer o vínculo entre o aprendizado e a consciência ambiental. Para tanto, foi necessário estudar a relação entre as metodologias pedagógicas e o espaço escolar, uma vez que o método tradicional de ensino não se mostrou compatível com os objetivos da proposta.

Assim, chegou-se ao método Waldorf, que dá mais valor ao contato com a natureza e o uso de materiais e formas naturais em sua estrutura. O método Waldorf, criado por Rudolf Steiner no início do século XX, é baseado em uma abordagem holística da educação, que busca desenvolver de forma equilibrada e promove uma conexão profunda com a natureza, embasando as etapas metodológicas.

3. METODOLOGIA

Apesar de o estudo apresentado aqui ter sido muito mais abrangente, optou-se, como objetivo deste artigo, jogar o foco apenas na questão do ciclo da água na arquitetura escolar, explorando como usufruir deste para uma experiência mais afetiva e educacional de seus usuários. O ciclo da água, como se sabe, refere-se à trajetória da água desde a sua captação e tratamento até o seu uso final em edificações ou áreas urbanas e o seu retorno ao ambiente, incluindo o tratamento de águas residuais. Este ciclo envolve a captação, tratamento, distribuição, uso e coleta de águas, tratamento de águas residuais, reutilização e descarte.

Em uma primeira instância, foi feito um estudo do ciclo da água dentro de uma escola, analisando seus usos e estados, determinando em qual momento aquela água se tornaria imprópria, as

proporções de água necessárias para cada equipamento e quais equipamentos seriam eficazes nesse tipo de edificação. A literatura consultada abrangeu desde autores dedicados à sustentabilidade das construções até a análise de casos experimentais e consolidados em diferentes escalas, passando pelo estudo de tecnologias alternativas de tratamento e captação de águas.

Simplificando seu percurso tem-se que a primeira parte do ciclo é o abastecimento, ou seja, a coleta e armazenamento de água potável. A água potável pode ser recolhida da chuva, tendo que passar por um tratamento antes de ser usada, ser abastecida pela infraestrutura pública, ou por outros equipamentos vistos adiante. Ao ser utilizada a água pode ser classificada como água cinza ou água negra dependendo do uso que teve. Quando é utilizada em pias, chuveiros, bebedouros ou algo que não vá acrescentar grandes impurezas, ela é considerada água cinza, e pode passar por um processo de filtragem para se tornar água de reuso. A água de reuso é então armazenada em reservatório separado e pode ser utilizada para fins como a limpeza do prédio, regar os jardins e hortas e para descarga. Quando a água é utilizada, por exemplo na descarga, e não poderia mais ser reutilizada, se denomina água negra, e pode ou ser encaminhada para o sistema de coleta de esgoto público ou passar por outros equipamentos que aproveitam ainda mais esse descarte para transformar em adubo.

Seguindo essa análise, buscou-se entender o funcionamento de cada equipamento e avaliar como seria possível subverter cada um deles para que se tornem algo interativo. Foram levantadas as características de cada etapa processo do ciclo da água, verificando aquelas que permitiriam uma maior ou menor interação física: quais permitiriam uma interação apenas visual e em quais não seria possível interagir. Assim, foram eleitos os equipamentos para estudo e desenvolvimento do projeto, tais como:

- a) Torre d'água de armazenamento a montante;
- b) Living machine (chamado aqui de "saneamento vivo"), sistema de tratamento de água, foi criado pelo biólogo John Todd na década de 1980 imitando os processos naturais que ocorrem em wetlands, que são biomas úmidos, como pântanos, mangues e várzeas. Desde sua criação, profissionais de diversas áreas se usam deste conceito para novas aplicações, como é o caso de Jackie Brookner, uma artista e designer ambiental que desenvolveu "Bioesculturas", se utilizando de plantas, bactérias e vida aquática para filtrar água através de esculturas, demonstrando o potencial criativo do design ecológico em ambientes urbanos. Outro exemplo do uso criativo desse sistema foi o "Canal Cafe" de Diller Scofidio + Renfro, uma intervenção vista na Bienal de Veneza de 2025 que se usava da água do canal para fazer café;
- c) Bacia de evapotranspiração. - De forma semelhante, a bacia de evapotranspiração se utiliza de processos naturais para tratar dejetos, semelhante a uma fossa séptica, porém sem descarregar os resíduos no lençol freático;
- d) Chove-chuva, - um equipamento que capta a água da chuva e a purifica para ficar própria para consumo;
- e) O Warka water, um equipamento desenvolvido pelo arquiteto Arturo Vittori, que consiste em uma estrutura de bambu projetada para coletar água potável do ar. A torre usa de fenômenos naturais como a condensação de neblina e orvalho, sem fazer uso de energia elétrica e foca seu design em algo simples que possa ser construído e operado pelos moradores locais. Apesar de não ser tão eficiente devido ao clima úmido do bairro, ainda poderia ser colocado com uma função expositiva e didática.

Após o estudo dos aspectos técnicos sustentáveis, pensou-se no suporte: a escola. Foi necessário um abrangente estudo comparativo de metodologias pedagógicas alternativas em função da espacialidade, uma vez que a arquitetura escolar deve sempre corresponder ao método pedagógico adotado. Adotou-se o método Waldorf, e, com base nele, foram propostas atividades ao ar livre, o cultivo de hortas, o cuidado com os animais e a observação dos ciclos naturais. Essa relação visa despertar nas crianças um senso de respeito, responsabilidade e pertencimento ao mundo natural, formando indivíduos mais conscientes e comprometidos com a sustentabilidade.

O passo metodológico seguinte foi a escolha do recorte espacial para a proposta. Optou-se por Vargem Grande, na zona oeste, uma das frentes de expansão da cidade do Rio de Janeiro (Figura 1). O crescimento repentino e desordenado do bairro de Vargem Grande não foi acompanhado pela infraestrutura onde, a maioria de seus 14.000 habitantes vive sem instalações adequadas de saneamento e acesso à água potável (DATA RIO). Sem fiscalização adequada, muitas famílias se instalaram em áreas de risco e ocupações irregulares. Agravando a situação, a gestão pública, se alinhando com os interesses financeiros do mercado imobiliário, vem zoneando áreas até então protegidas, permitindo assim uma depredação progressiva dessa importante unidade de conservação. Esse processo piora ainda mais a situação do desequilíbrio dessa região. O resultado é uma tragédia anunciada. A construção de grandes condomínios de médio e alto padrão, sem fiscalização, fazem com que rios, sumidouros e nascentes sejam apagados, a vegetação seja devastada, e o solo seja alterado, o que gera enchentes e deslizamentos que afetam a população em áreas de risco. Dessa forma, a dinâmica climática local é deformada de maneiras imprevisíveis.

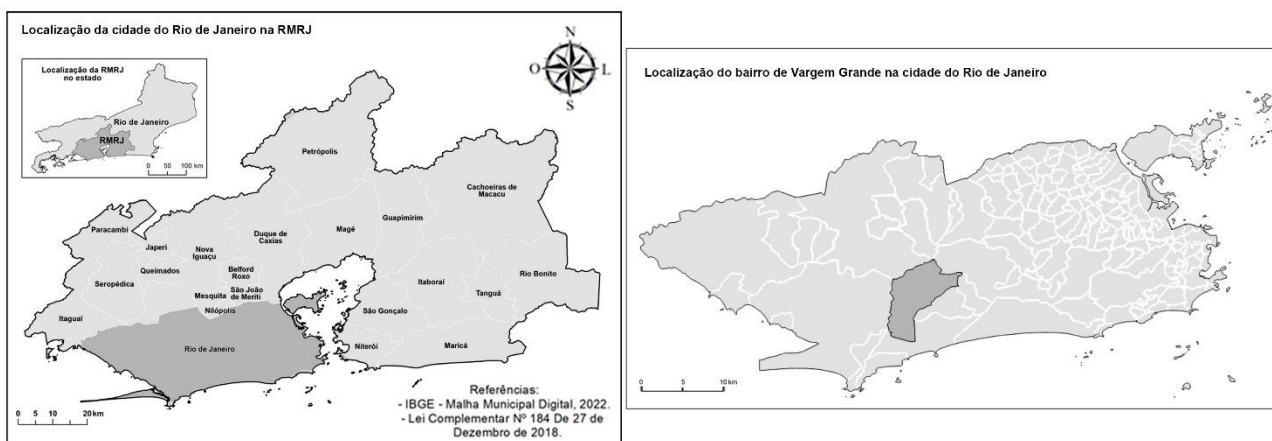


Figura 1: Mapa de localização do bairro de Vargem Grande.
Fonte: os autores (2025).

Esse recorte espacial e social fragilizado do bairro de Vargem Grande o torna a escolha de terreno que poderia se beneficiar de uma intervenção que visa à resiliência social e ecológica. O projeto foi proposto em um antigo horto nas imediações do Parque Estadual da Pedra Branca, importante unidade de conservação ambiental. Devido a isto, essa área protegida pode ser um ponto chave para combater as catástrofes climáticas que estão por vir.

Por fim, foi feito um projeto-piloto seguindo os princípios definidos e então elaboradas diretrizes que pudessem ser usadas em outras escolas publicas para aumentar o contato das crianças com as tecnologias sustentáveis enquanto diminuem a pegada de carbono relativa ao uso da escola. O projeto exploratório de equipamentos visando às etapas do ciclo da água faz parte desse projeto-piloto e seus resultados são comentados a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto foi pensado de forma que a arquitetura pudesse desempenhar um papel de ensino e de aprendizado, valorizando pátios abertos e cobertos, como espaço de ensino que repudiam o empregar o estudante, gerando uma construção aberta e versátil que valoriza a permeabilidade dos espaços internos e externos. A implantação e paisagismo foram desenhados para acomodar caminhos sem causar grandes distúrbios à vegetação já existente no local. Inspirada na metodologia Waldorf, foi escolhida uma malha hexagonal, que poderia facilitar uma multiplicidade de usos além da configuração tradicional e o bambu como principal material construtivo.

A escola visa ser o mais ecológico possível, pensando na cultura local, a inserção harmônica com o terreno, maximizando o conforto ambiental do lugar, diminuindo a necessidade de equipamentos elétricos e ampliando o uso de tecnologias sustentáveis. A interação com a comunidade é parte essencial do funcionamento da escola, pois permite criar um vínculo com o local, o que facilita a

apropriação desse espaço. A espacialidade foi pensada para maximizar a interação com os equipamentos ecológicos, trazendo uma arquitetura mais viva e um ambiente mais divertido.

Como explicitado acima, este artigo joga foco no ciclo de água da escola, pois será um elemento extremamente presente na vida dos seus usuários: tanto na captação, no ambiente, no uso consciente e no reuso dos recursos hídricos presentes, a criança pode acompanhar visualmente e interagir com os diferentes processos.

Uma das premissas do projeto foi a de tornar o funcionamento da escola independente da infraestrutura pública, fechando um ciclo sustentável do início ao fim. (Figura 2)

Diagrama das Águas

- 1- Coleta da água da chuva presente em todos os telhados, passando pelo chove-chuva e podendo ser usado como água potável
- 2- A água potável coletada é armazenada em uma caixa d'água potável no topo do terreno
- 3- Apesar do warka water não atingir seu maior potencial devido ao clima com alta umidade no ar, ele ainda pode servir primariamente como um equipamento educacional de técnicas sustentáveis e do entendimento de fenômenos como a condensação
- 4- Pode ser feita uma coleta da água do rio presente no terreno para abastecer o reservatório em períodos de seca
- 5- Quando a água potável é usada vira água cinza
- 6- A água cinza entra no sistema do living machine que transforma em água de reuso, que é armazenada em um segundo reservatório para ser utilizada
- 7- A água de reuso pode ser usada para regar as plantas, no sistema de de restriamento, para limpeza e também para dar descarga
- 8- A água da descarga é denominada de água negra e entra no sistema da bacia de evapotranspiração, fechando o ciclo

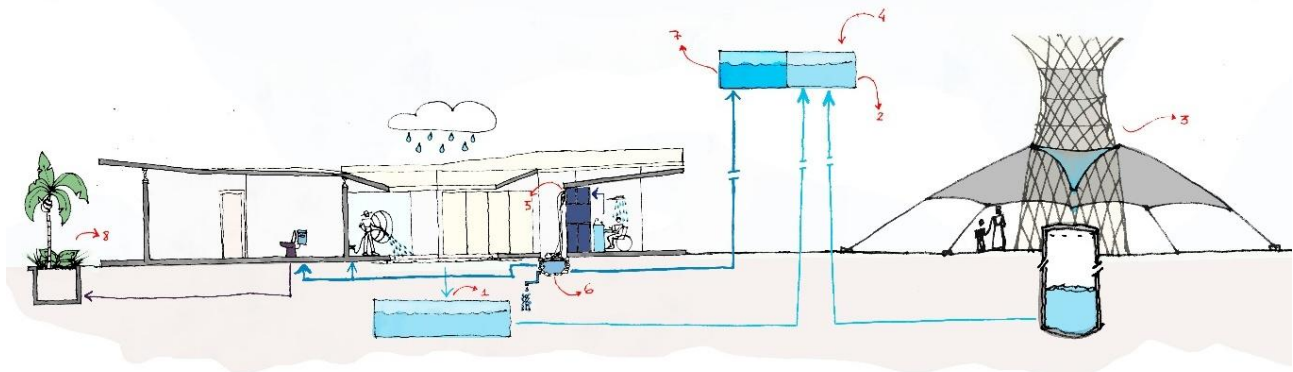


Figura 2: Diagrama do ciclo da água.

Fonte: os autores (2022).

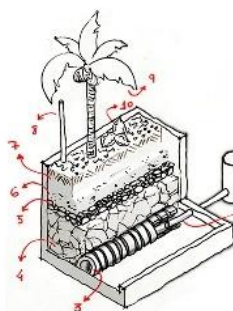
O ciclo começa com a captação d'água, recolhida de todos os telhados e filtrada pelo Chove-chuva, onde ela é filtrada e se torna potável (Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021). O processo envolvido inclui a filtração, onde se remove as partículas maiores e impurezas visíveis, a absorção para remover quaisquer substâncias químicas e a desinfecção para eliminar as bactérias e vírus.

Para minimizar o uso de bombas, o projeto propõe um reservatório no topo do terreno, que também capta água da chuva, e a distribui como uma torre d'água. Sua função principal é armazenar água para distribuição, elevando a pressão e garantindo um abastecimento consistente. O bombeamento da água da cisterna potável ao reservatório pode ser feito usando como força motriz o rio que passa pelo terreno e o princípio do parafuso de Arquimedes (Cunha; Martins, 2006, p. 42).

É importante que o encanamento da escola seja feito atentando à divisão completa das águas, com tubulação separada para água quente e fria e tubulação de esgoto e águas pluviais separado para água cinza e negra. Como se sabe, a água cinza é a água residual proveniente de atividades domésticas, como chuveiros, pias, máquinas de lavar e banheiras, que não contém fezes ou urina. No projeto propões que a água cinza possa ser tratada para se tornar água de reuso. Já a água negra, também chamada de efluente negro ou água sanitária, refere-se à água residual que contém matéria fecal, urina e outros resíduos de fontes sanitárias, como vasos sanitários e piscinas de tratamento de esgoto. É caracterizada por alta carga orgânica e presença de microrganismos, incluindo patógenos. (Figura 3)

6 Living Machine System

O sistema coleta água cinza e a transforma em água de reuso, com a forma proposta o sistema fica visível para os usuários, o que cria um ambiente agradável e mais consciência dos aparatos de sustentabilidade.



8 Bacia de Evapotranspiração

- 1- A ÁGUA NEGRA ENTRA NA CAIXA DE GORDURA
- 2- O TUBO CHEGA ATÉ O 1º PNEU
- 3- O PNEU SERVE COMO TUBO E DOTA A PASSAGEM DA ÁGUA NEGRA PRO SISTEMA
- 4- ENTULHO SEGURA O PNEU NO LUGAR
- 5- BRITA PARA FILTRAR
- 6- AREIA PARA FILTRAR
- 7- TERRA TRANSFORMA EM ADUBO
- 8- NO PENULTIMO PNEU TEM UM TUBO PARA EXAUSTÃO DO METANO
- 9- BANANEIRA
- 10- ARACEAE (PLANTA DE FOLHAS LARGAS)

Figura 3: Diagramas de saneamento vivo (esquerda) e bacia de evapotranspiração (direita) 2022.

Fonte: os autores (2022).

Após o uso da água em suas instalações, a água cinza será recolhida e passará pelo processo de saneamento vivo, onde, inicialmente passa por uma caixa de gordura, e depois por um recipiente de brita e cascalho que serve para filtragem fina a água. O saneamento vivo (sistema “Living Machine” – Figura 3a) de tratamento de água é uma abordagem inspirada na natureza que utiliza ecossistemas, tais como plantas, bactérias e organismos aquáticos, para purificar as águas residuais.

Com intenção de expor o processo, esse primeiro recipiente acontece com uma interação visual, exposto por uma parede de vidro virada para o entorno do módulo de salas de aula (Figura 4a). O segundo recipiente forma uma espécie de “sanduiche” com essa parede, mas sendo exposto para o lado interno, este é formado por aguapé e lentilha d’água, plantas filtrantes.

Por fim, essa água transborda o recipiente formando uma cascata que aera a água e a leva para o lago de tratamento e resfriamento. O lago é o “carro chefe” do sistema, com peixes e vegetação aquática que permitem uma interação direta com o usuário. No projeto, o lago foi proposto convergindo para um átrio interno do módulo de sala de aula, onde seria possível ter aulas externas ou apenas aproveitar o microclima mais ameno criado ali (Figura 4b).

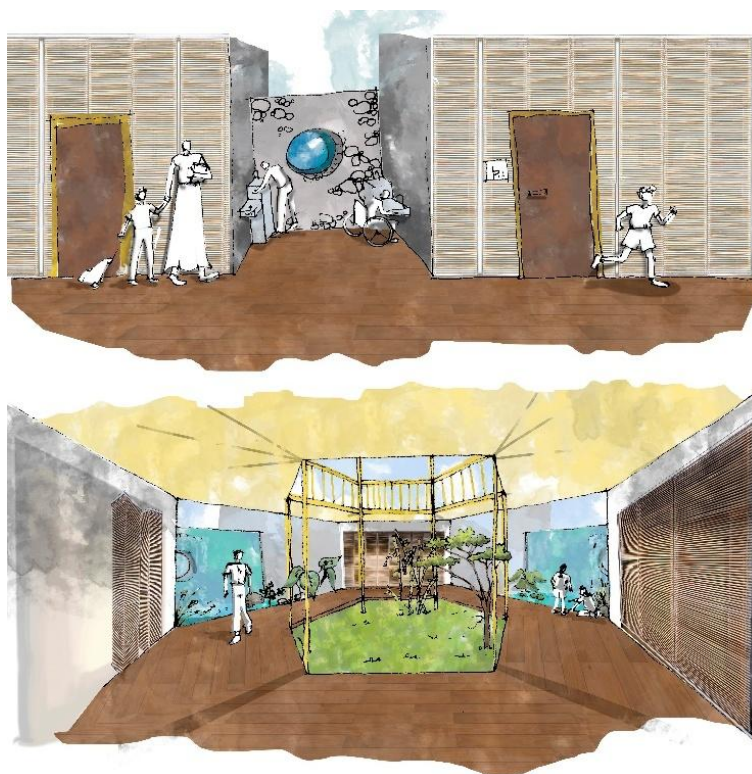


Figura 4: Croquis dos ambientes externos (cima) e internos (baixo) criados com o equipamento de saneamento vivo.

Fonte: os autores (2022).

Após passar pelo processo de saneamento vivo, a água pode ser reutilizada para fins que não de consumo. A água de reuso, também conhecida como água reciclada ou reutilizada, refere-se à água que foi previamente utilizada em diversas atividades humanas e que, após um processo de tratamento adequado, é reaproveitada para fins não potáveis, como lavagens, regar plantas, descarga dos banheiros entre outros. Essa prática contribui para a economia de água potável, a redução da sobrecarga nos sistemas de saneamento e a minimização de impactos ambientais. São criadas cisterna e caixa d'água separada para a água de reuso, a fim de evitar qualquer contaminação com a água potável.

Uma vez que a água se encontra com dejetos orgânicos e já é categorizada como água negra, ela é direcionada para a bacia de evapotranspiração. Novamente a primeira etapa é passar por uma caixa de gordura e, após isso, um tubo leva o esgoto para uma caixa de concreto com profundidade de dois metros, onde passa por diversas camadas filtrantes: pneus e entulhos, brita e areia. Após essas camadas filtrantes há uma camada de terra onde são plantadas bananeiras e outras plantas de folhas largas (Figura 3b). Essas plantas agem na transformação do restante do resíduo em adubo natural e, ao mesmo tempo, proporcionam uma bela vegetação, que pode ser usufruída pela escola.

Adicionalmente, pode ser instalado o Warka Water, como mencionado, um equipamento desenvolvido pelo arquiteto Arturo Vittori (visto no item 3 da Figura 2). Como foi criada para um clima mais seco, o equipamento não será tão eficaz neste terreno úmido, mas ainda pode servir um papel educacional, mesmo com menor eficiência. Assim, apesar de não ser tão eficiente, ainda poderia ser colocado com uma função expositiva e didática. Ou seja, optou-se por expor soluções interessantes e criativas, que trouxessem encantamento para as crianças, mesmo que estas não apresentassem um rendimento suficiente para atender a toda a escola.

5. CONCLUSÕES

Nosso país segue em uma crise do sistema educacional (Fortunato, 2016). Com o extenso território e cidades densamente povoadas, o Brasil, além de seu contexto econômico e social complexo, não é esperado que resolver problemas, seja na educação, saúde ou qualquer outra esfera, seja uma tarefa fácil. Este projeto fictício levou pode subsidiar diretrizes importantes para aumentar a resiliência das construções e diminuir os impactos negativos do setor de construção civil. A intenção foi a de subsidiar futuros projetos pensarem-no pensamento sobre a sustentabilidade como uma oportunidade divertida ao invés de um desafio.

Por se tratar de um projeto experimental adotou-se uma postura flexível com vistas, também, à função de confrontar normas e questionar possibilidades. O exemplo mencionado no item metodológico sobre a intervenção “Canal Cafe”, apresentada na Bienal de Veneza, propôs a utilização da água do canal para fazer café e certamente não passaria pela legislação vigente. Da mesma forma, sustenta-se que a pesquisa experimental pode comprovar e apontar alterações na legislação, como a proposta do “chove-chuva” para produzir água potável, dentre outros itens.

O processo de elaboração do projeto aqui apresentado fez emergir questões importantes, como a manutenção da cultura local e a convivência da arquitetura com a natureza, enquanto educa sobre formas mais ecológicas de lidarmos com nosso meio construído. Verificou-se a necessidade de um estudo prévio das condições e especificidades de cada local, tanto para melhor se encaixar com o entorno, social, econômico e ambiental, quanto para otimizar no projeto as características naturais presentes, como a valorização da iluminação e ventilação natural e a coleta de água da chuva. O trabalho trouxe a compreensão de que a arquitetura precisa ser uma força positiva, que abraça o seu entorno e seu usuário para criar mais afetividade e pertencimento.

O estudo mostrou que as escolas contêm uma conjuntura complexa de espaços que podem ser aproveitados para estimular a criança a descobrir e explorar, criando uma maior conexão entre o interno e externo, além de dar suporte para mais formas dos equipamentos usados. Esses espaços de respiro, criados na interação do dentro e fora, podem ser projetados integrando, de forma que

beneficie e seja beneficiado, pelo lado de tratamento e refrigeração, dando a esta etapa, com seus peixes e plantas a oportunidade de criar uma ambiência acolhedora e refrescante.

O trabalho nos fez entender que a arquitetura deve ser projetada de forma a criar visibilidade para o ecossistema em volta, seja ele urbano e/ou natural, estimulando aulas externas que possam ser feitas através da interação entre o usuário, a arquitetura e seus elementos, se fazendo de forma criativa dos espaços, como as bioesculturas de Jackie Brookner, criar espaços que deem visibilidade para os equipamentos ecológicos

O ser humano é múltiplo e curioso. A escola deve estimular essas características e fornecer ferramentas para que se possa continuar a ser cada vez mais indagador, desenvolver forças e abraçar nossas fraquezas. Assim almeja-se cada dia mais a inclusão e uso holístico das cidades. E a arquitetura pode desempenhar um papel importante nessa construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHDAILY. **El Guadual Children Center** / Daniel Joseph Feldman Mowerman + Iván Dario Quiñones Sanchez. Disponível em: <https://www.archdaily.com/534059/centro-de-desarrollo-infantil-el-guadual-daniel-joseph-feldman-mowerman-ivan-dario-quinones-sanchez>. Acesso em 03 de agosto de 2025.

AZEVEDO, Giselle Arteiro Nielsen et al. «O Espaço da Escola como o “LUGAR” do Conhecimento: Um Estudo de Avaliação de Desempenho com Abordagem Interacionista». In: **Anais do NUTAU'2004**. São Paulo: FAUUSP CD-ROM 2004. Disponível em: http://www2.gae.fau.ufrj.br/wp-content/uploads/2019/03/esp_esc_-lugar_conh.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, n. 82, p. 112–118, 5 maio 2021.

BROWNING, William D.; RYAN, Catherine O.; CLOUGH, Joseph. **14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health and Well-Being in the Built Environment**. New York: Terrapin Bright Green, 2014.

CABEZA, L. et al. **SPM 9 Buildings Coordinating Lead Authors: Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022**.

CUNHA, Sandra; MARTINS, Roberto. **Máquinas simples: um estudo histórico e conceitual**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

DATA RIO. Instituto Pereira Passos. **Índice de Desenvolvimento Social (IDS) - Região Metropolitana do RJ – 2010**. Rio de Janeiro: IPP, 2010. Disponível em: https://www.data.rio/datasets/0afd8c122fb4400b847693e715106304_0/explore. Acesso em: 2 de agosto 2025.

DUARTE, C. R. et al. **Experiência do Lugar Arquitetônico: Dimensões subjetivas e sensoriais das ambiências**. Rio de Janeiro: RioBooks, 2022.epa;

DUARTE, Laura de Siqueira. **A Arquitetura do Ambiente Bem Educado**. Trabalho de Conclusão de Curso: PUC-RIO, 2022.

ELALI, Gleice Azambuja. Relações entre comportamento humano e ambiência: uma reflexão com base na psicologia ambiental. In: **Anais do Colóquio Ambiências Compartilhadas**. Programa De Pós-Graduação Em Arquitetura – Ufrj, 13., 2009, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

FORTUNATO, Ivan (30 de junho de 2016). «Ainda é preciso ter Cuidado: Escola?!». **Inter Science Place**.11(2). ISSN1679-9844.

FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade**. 30ª. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.

FRUTH, Andreas; HAAS, Thomas. **Nature-Based Solutions in Architecture and Urban Planning: A Living Document**. Berlin: Technische Universität Berlin, 2020.

HALL, Edward. **A Linguagem Silenciosa**. Lisboa: Relógio d'Água Editores, 1994.

HERZOG, C.P. Alternativas baseadas na natureza para cidades resilientes. In: **Inundação: dimensionamento, alternativas, políticas públicas e estudos afins na prevenção e controle** Fundação CEPERJ. Fundação CEPERJ, Rio de Janeiro, 2021. ISBN 978-65-87903-07-1

JACOBI, P. R. Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação. **Educar em Revista**, Curitiba, n. esp. 3, p. 57-72, 2014. Disponível em: <https://doi.org/gzq4> Consultado em Julho de 2024

KELLERT, Stephen R.; HEERWAGEN, Judith H.; MADOR, Martin (Orgs.). **Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life**. Hoboken: Wiley, 2008.

LAFORTEZZA, Raffaele; CHEN, Jianbo; VAN DEN BOSCH, Cecil Konijnendijk; TILLI, Sara. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental Research**, v. 165, p. 431–441, 2018.

LAMBERT, N. M. et al. To Belong Is to Matter: Sense of Belonging Enhances Meaning in Life. **Personality and Social Psychology Bulletin**, v. 39, n. 11, p. 1418–1427, 2013.

MARCHIONI, M. et al. Soluções Baseadas na Natureza como instrumento de melhoria da arborização urbana, auxiliando na construção de cidades sensíveis à água e resilientes às mudanças climáticas. **Revista LABVERDE**. FAUUSP. São Paulo, v. 12, n. 01, e189209, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2022.189209>. Acesso em fevereiro de 2025

MASLOW, A. H. **A Theory of Human Motivation**. BN Publish ed. New York: 2013, 1954.

OLIVEIRA, N. C. R. de; OLIVEIRA, F. C. S. de; CARVALHO, D. B. de. Educação ambiental e mudanças climáticas: análise do Programa Escolas Sustentáveis. **Revista Ciência & Educação**. V.27, e21068. Bauru, UNESP, 2021

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2023 **Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations - Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector**. Global Status Report for Buildings and Construction, mar. 2024.

WONG, T.H.F.; BROWN, R.R. The water sensitive city: principles for practice. **Water Science And Technology**, v. 60, n. 3, p. 673-682, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436> Acesso em Janeiro 2024

YU K.; LI D.; YUAN, H. ;FU W.; WANG, S. "Sponge City": theory and practice. **City Planning Review**. vol.39 no.6 jun.2015. China Academic Journal Electronic Publishing House, 2015