

# Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea:

inovação, tecnologia  
e sustentabilidade

Vol. 5

Ana Paula Klaus Locatelli  
(Organizadora)



**AYA** EDITORA  
2024

# **Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea:**

inovação, tecnologia  
e sustentabilidade

Vol. 5

---

---

# Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea:

inovação, tecnologia  
e sustentabilidade  
Vol. 5

Ana Paula Klaus Locatelli  
(Organizadora)



---

---

**AYA EDITORA**  
2024

---

## Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## Organizadora

Prof.ª Ma. Ana Paula Klaus Locatelli

## Capa

AYA Editora©

## Revisão

Os Autores

## Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

## Produção Editorial

AYA Editora©

## Imagens de Capa

br.freepik.com

## Área do Conhecimento

Engenharías

---

## Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva

*Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí*

Prof.º Dr. Aknaton Toczek Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Dr. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria de Genaro Chiroli

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

*Faculdade Santa Helena*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

*Universidade Federal de Roraima*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

---

---

**Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues**

*Universidade Norte do Paraná*

**Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa**

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

**Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes**

*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

**Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch**

*Faculdade Sagrada Família*

**Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda**

*Universidade Estadual de Ponta Grossa*

**Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes**

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

**Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani**

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

**Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira**

*Instituto Federal do Acre*

**Prof.ª Dr.ª Rosângela de França Bail**

*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

**Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens**

*Faculdade Sagrada Família*

**Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares**

*Universidade Federal do Piauí*

**Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros  
Rodrigues**

*Faculdade Sagrada Família*

**Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia**

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

**Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira  
Miranda Santos**

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

**Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues**

*Instituto Federal de Santa Catarina*

---

© 2024 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). Este livro, incluindo todas as ilustrações, informações e opiniões nele contidas, é resultado da criação intelectual exclusiva dos autores. Os autores detêm total responsabilidade pelo conteúdo apresentado, o qual reflete única e inteiramente a sua perspectiva e interpretação pessoal. É importante salientar que o conteúdo deste livro não representa, necessariamente, a visão ou opinião da editora. A função da editora foi estritamente técnica, limitando-se ao serviço de diagramação e registro da obra, sem qualquer influência sobre o conteúdo apresentado ou opiniões expressas. Portanto, quaisquer questionamentos, interpretações ou inferências decorrentes do conteúdo deste livro, devem ser direcionados exclusivamente aos autores.

---

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade. [recurso eletrônico]. / Ana Paula Klaus Locatelli (organizadora) -- Ponta Grossa: Aya, 2024. 93 p.

v.5

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-545-7

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333

1. Engenharia civil. 2. Construção civil - Inspeção - Brasil. 3. Edifícios - Manutenção. 4. Biotecnologia. 5. Resíduos como material de construção. I. Locatelli, Ana Paula Klaus. II. Título

CDD: 624

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

---

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA**

### **AYA Editora©**

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

# SUMÁRIO

Apresentação..... 9

## 01

**Dimensionamento de mão de obra para realizar manutenções prediais corretivas, preventivas e rotinas de inspeção..... 10**

Vivian Falcão de Faria

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333.1

## 02

**Resíduos de construção civil: uma revisão bibliográfica .  
..... 24**

Alex Gomes Pereira

Rafael Moreira de Freitas

Camila Del Castilho Ribeiro de Oliveira Pereira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333.2

## 03

**Tecnologias sustentáveis na gestão de água: o papel das ETARs na redução do consumo e na promoção da sustentabilidade ambiental ..... 30**

Marcos Alberto Mendes de Souza

Antônio Carlos Santos de Arruda

Magda Dias Gonçalves Rios

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333.3

# 04

**Licenciamento de instalações de radioinspeção em segurança física: estudo dos requisitos necessários com intuito didático para o estudante de proteção radiológica ..... 52**

Jonathan Lunz  
Onani Borges  
Juliana Oliveira  
Alexandre Gomes

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333.4

# 05

**Gerenciamento e segurança no descarte de resíduos sólidos na construção civil..... 57**

Ingrid de Holanda Busquet

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333.5

# 06

**Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA) ..... 75**

Celso Luciano Silva Araujo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.333.6

**Organizadora ..... 88**

**Índice Remissivo..... 89**

---

# Apresentação

---

É com grande entusiasmo que apresentamos o quinto volume da série **“Arquitetura e Engenharia Civil Contemporânea”**, dedicado à exploração profunda e interdisciplinar de temas essenciais que permeiam os desafios e avanços contínuos na construção civil moderna. Este volume aborda com profundidade questões cruciais que refletem não apenas a evolução técnica, mas também o compromisso crescente com a sustentabilidade e eficiência operacional.

Os capítulos aqui reunidos abrangem uma vasta gama de tópicos, começando pelo dimensionamento criterioso da mão de obra necessária para realizar manutenções prediais. Este tema não apenas ressalta a importância da gestão preventiva e corretiva, mas também estabelece uma base sólida para a eficiência operacional sustentada ao longo do ciclo de vida das edificações.

A revisão bibliográfica sobre resíduos de construção civil, por sua vez, lança luz sobre um dos desafios mais prementes da indústria, enfatizando a necessidade urgente de soluções integradas que minimizem impactos ambientais e promovam a economia circular. Conectando-se a este ponto, a discussão sobre tecnologias sustentáveis na gestão de água e o papel das ETARs (Estações de Tratamento de Águas Residuais) demonstra como a inovação pode transformar não apenas a eficiência hídrica, mas também contribuir significativamente para a sustentabilidade ambiental global.

No campo da segurança física, o estudo sobre o licenciamento de instalações de radioinspeção proporciona um entendimento profundo dos requisitos necessários, oferecendo uma abordagem didática essencial para estudantes de proteção radiológica e profissionais do setor. Este tema se interliga com o gerenciamento seguro do descarte de resíduos sólidos na construção civil, destacando a importância crítica da conformidade regulatória e práticas responsáveis para mitigar impactos ambientais adversos.

Ao conectar esses diversos temas, este volume não apenas oferece um panorama abrangente dos desafios contemporâneos enfrentados pela arquitetura e engenharia civil, mas também sublinha a necessidade imperativa de abordagens integradas que combinem inovação, tecnologia e um compromisso inabalável com a sustentabilidade. Esperamos que este livro inspire novas ideias, debates construtivos e, acima de tudo, ações concretas que impulsionem nosso setor em direção a um futuro mais resiliente e responsável.

Boa leitura!

## Dimensionamento de mão de obra para realizar manutenções prediais corretivas, preventivas e rotinas de inspeção

Vivian Falcão de Faria

MBA Facilities Management. Instituto de Pós-Graduação - IPOG

### RESUMO

A manutenção predial é um dos pilares da gestão por facilidades ou facilities management e da gestão de ativos e tem como missão evitar a queda de desempenho devido à depreciação de seus sistemas, equipamento e componentes. Para a manutenção predial, o produto ou resultado esperado está ligado à saúde, segurança e bem-estar de quem utiliza um espaço físico. Dimensionar uma equipe para realizar a manutenção de modo a evitar o desperdício de mão de obra é um desafio quando se trata de sistemas prediais, pois as normas em sua grande maioria dizem o que fazer, mas não dizem a maneira que deve ser feito. Essa pesquisa tem como objetivo dimensionar uma equipe para realizar manutenção predial corretiva e manutenção predial preventiva através de lista de serviços e ativos conhecidos em uma instituição pública. Foram analisados os serviços já desenvolvidos nas áreas corretivas e preventivas, revisados e/ou criados planos de manutenção com foco no histórico conhecido da instituição, além de calculadas equipes de planejamento e controle da manutenção. Conclui-se que os cálculos demonstraram que a equipe dimensionada encontra-se de acordo com o praticado em mercado hoje no cenário brasileiro apresentando uma produtividade entre 25% e 30% do humano-hora disponível.

**Palavras-chave:** manutenção predial; mão de obra; facilities management; gestão de ativos.

### INTRODUÇÃO

Todos os edifícios iniciam seu processo de envelhecimento a partir do momento que são concluídos e colocados em operação. A manutenção é, portanto, necessária durante todo o período em que o edifício permanece em uso ou ocupação, para garantir o seu desempenho ao longo do seu ciclo de vida (Ferreira e Souza, 2021).

A atividade de manutenção passou por uma grande evolução nos últimos anos. Contudo, a evolução da manutenção ainda é muito voltada para a área industrial, onde o resultado dos processos costumam ser um



produto palpável. Para a manutenção predial o produto ou resultado esperado está ligado à saúde, segurança e bem-estar de quem utiliza um espaço físico. Trazer o conceito e a experiência da indústria para aplicação na manutenção predial é um desafio cada vez mais presente nas áreas públicas, comerciais e industriais.

A manutenção predial, hoje, está inserida em um novo modelo de gestão de espaços construídos intitulado *Facilities Management* ou gestão de facilidades. Há o entendimento de que para ofertar atividades de gestão predial de qualidade é necessário que todas as atividades de suporte para o funcionamento de um edifício estejam alinhadas. Segundo Antonioli (2003):

Ao invés de um contrato para cada tipo de serviço, celebra-se apenas um de gestão de facilidades, englobando todos os serviços ou aqueles que mais se relacionam, gerenciando-os de modo eficiente para benefício institucional e das pessoas no recinto construído.

A realização de manutenção predial é obrigatória conforme prevê a NBR 5674:2012 Manutenção de edifícios – Procedimentos, e tem por objetivo fixar procedimentos de orientação para organização de um sistema de manutenção de edificações. A norma lança luz sobre a inviabilidade de considerar edifícios produtos descartáveis do ponto de vista econômico e ambiental e com isso a importância de procedimentos de manutenção serem realizados de modo a elevar a vida útil do edifício.

Além do *Facilities Management* outro tema muito presente na manutenção é a Gestão de ativos. É comum confundir a atividade de manutenção com gestão de ativos quando não se tem o entendimento de cada atividade. Essa confusão acontece, pois, a função manutenção, assim como a operação, são as que duram mais tempo ao longo da vida útil de um ativo. De acordo com Viana (2020) é necessário que cada área da organização entenda as atividades desenvolvidas de modo ao sistema de gestão de ativos cumprir o seu papel. A figura abaixo mostra de forma prática as atividades referentes a gestão de ativos ligadas a cada setor de uma empresa.

**Figura 1 - Articulação entre áreas no contexto da gestão de ativos.**



**Fonte: Manual da gestão da manutenção, 2020.**

Apesar da evolução teórica dos temas ligados a manutenção predial a ausência de

critérios objetivos para dimensionamento de mão de obra dificulta a gestão das informações e comparativos de produtividade, elevando o custo da manutenção. De acordo com Kardec, Esmeraldo, Lafraia e Nascif (2014, p. 161) apenas 20% de empresas são consideradas excelentes quando verificados os mais altos níveis de desempenho. E que empresas excelentes diminuam ao longo do tempo os processos de manutenção corretivos e aumentaram os processos de engenharia de manutenção.

Segundo Teles (2018) realizar atividades de manutenção sem planejamento geram até 65% de desperdício de tempo. De que forma dimensionar uma equipe para realizar manutenção predial corretiva e preventiva a partir de listagem de atividades desenvolvidas por cada área e quantidade de ativos existente no edifício mantido?

Espera-se que a partir de um dimensionamento de mão de obra objetivo seja possível diminuir as ações de manutenção corretiva de modo a caminhar para uma empresa classe mundial.

A relevância desse estudo configurou-se no incentivo a utilização de metodologia de dimensionamento de mão de obra a partir de listagem de atividades corretivas e quantidade de ativos para padronização de produtividade de mantenedores e otimização de processos de manutenção predial.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Evolução da Manutenção

Para falar sobre evolução da manutenção podemos identificar o histórico dessa atividade de acordo com as gerações desde a revolução industrial, de onde se origina, até os dias de hoje incentivado pelas novas tecnologias.

A manutenção tem origem na primeira revolução industrial, no século XVIII e a implantação das máquinas no setor de produção de bens de consumo. Esse período foi marcado pela ausência de um setor de qualidade tanto de produtos quanto de técnicas de manutenção dos equipamentos, onde era feita depois do dano a ele causado. Não existia a elaboração de um diagnóstico, nem um plano de prevenção da falha. Nesse momento, era dispensável a manutenção sistematizada, nem raramente era requerido pessoal especializado para a sua execução (Nunes, 2001). Este período foi chamado por Moubray (2000) como sendo a primeira geração.

Com o início da II Guerra Mundial, o grau de exigência por produtos passou a ser maior. A guerra fria incentivava a indústria bélica promovendo a produção de armas além do aumento acelerado da indústria. Nesse período houve forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais (Kardec; Nascif, 2002, p.4). Como não se tinha mais tempo a perder com o conserto dos equipamentos, pois isto poderia provocar um prejuízo para cada hora de máquina parada, iniciou-se a prevenção por falhas, criando assim a manutenção preventiva que caracterizou a segunda geração.

A terceira geração teve início na década de 70. Nunes (2001) diz que novas técnicas de manutenção eram suportadas por computadores de grande porte e que sistemas de

planejamento e controle surgiram nesse período visando um melhor controle das ações de manutenção. Já Klein (2007) cita que a terceira geração se preocupa constantemente com a confiabilidade, a disponibilidade, o meio ambiente, a segurança e os custos oriundos de necessidade de manutenção. Segundo (Kardec; Nascif, 2002, p.5) na terceira geração reforçou-se o conceito de uma manutenção preditiva.

Contudo, Arcuri Filho (2005), avaliando as três gerações, propõe uma metodologia chamada de “medicina de sistemas”, onde parte do pressuposto que as três gerações, descritas por Moubray (2000), são evoluções da manutenção e que após elas existe uma quarta geração.

A quarta geração da manutenção traz a proposta que o trabalho de garantir a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos ativos se inicia antes do equipamento nascer, ainda na fase de projeto (Teles, 2018). Essa evolução é chamada de engenharia de manutenção.

## Normas Técnicas

### ABNT NBR 14037

Essa norma cujo título é “Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações” estabelece o conteúdo a ser incluído no manual de uso, operação e manutenção das edificações. Ela também define o manual como sendo um documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação.

Ainda identifica que a finalidade do manual é: informar aos usuários as características técnicas da edificação construída; descrever procedimentos recomendáveis para o melhor aproveitamento da edificação; orientar os usuários para a realização das atividades de manutenção; prevenir a ocorrência de falhas e acidentes decorrentes de uso inadequado; contribuir para o aumento da durabilidade da edificação.

A ABNT NBR 15575- Edificações habitacionais – Desempenho - estabelece um nível mínimo de desempenho de uma edificação para seus principais elementos, incluindo sistemas estruturais, sistemas de coberturas e sistemas de vedações verticais internos e externos. A Norma apresenta o conceito de vida útil do projeto, define responsabilidades, além de impor critérios para a estrutura, pisos, vedações, coberturas e instalações hidrossanitárias de uma obra.

A ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção - Estabelece requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações, de modo a evitar a queda de desempenho devido à depreciação de seus sistemas, equipamento e componentes.

## Facilities Management

Segundo Piaia *et al.* (2022), o *Facilities Management* tem sido objeto de análise e pesquisas principalmente nas últimas cinco décadas. É considerada como área suporte às operações, e responsável pelas infraestruturas prediais físicas e, conseqüentemente, pela qualidade dos ambientes e seus usuários. Já, segundo Alexander (2003, p. 269) a Gestão

de Facilidades surgiu antes de 1980 em resposta a uma mudança turbulenta no ambiente de negócios, a influência da tecnologia da informação, a independência e forte voz dos trabalhadores e a criação do mercado comum europeu. De acordo com Bruijn *et al.* (2001, p.482) ainda se está em busca de uma definição de Gestão de Facilidades pois este é um conceito que não deve ser dado universalmente e sim construído socialmente. Fato é que a gestão de facilidades tem se consolidado como a maneira atual de gerenciar serviços e atividades de forma integrada com foco no usuário final.

## Gestão de Ativos

De acordo com Viana (2020, p.44):

Gestão de Ativos pressupõe o envolvimento de todas as áreas da organização na obtenção do valor dos ativos com menor risco e custo para suas operações, trata-se de uma relevante mudança de visão normalmente estabelecida nas organizações.

Ainda, de acordo com a NBR ISO 55 000 Gestão de Ativos é o conjunto de atividades coordenadas que uma organização usa para realizar o valor dos ativos na entrega dos seus objetivos ou resultados. De acordo com Kardec *et al.* (2014, p.18) é importante diferenciar Gestão de Ativos de gerenciar ativos. A primeira corresponde ao que os ativos podem fazer pela organização e a segunda o que as organizações fazem nos ativos.

Em 2004, a BSI (British Standards Institution) publicou, na Inglaterra, o PAS 55. Esse documento contém 28 aspectos-chave da gestão de ativos. Ele serviu como base para criação da norma, 10 anos mais tarde.

A Gestão de Ativos é um processo que busca melhoria de desempenho, através de um sistema que foi baseado inicialmente no PAS 55, um documento contendo padrões de gestão, posteriormente migrado para norma ISO 55000. (“NBR ISO 55000: sistema de gestão de ativos simples e eficaz - PMKB”) Um ativo é algo que tem valor real ou potencial para uma ou mais organizações durante sua duração, podendo variar seu valor (ISO 55000).

A gestão de ativos é um processo que envolve custos equilibrados, riscos, oportunidades e benefícios de desempenho. Os fundamentos chaves da gestão de ativos são:

Valor – ativos existem para fornecer valor para organização e suas partes interessadas; (“Os Fundamentos da Gestão de Ativos”)

Alinhamento – traduz a intenção organizacional em decisões técnicas, planos e atividades; (“NBR ISO 55000: sistema de gestão de ativos simples e eficaz - PMKB”)

Liderança – Liderança e cultura do local de trabalho são fatores determinantes da realização do valor;

Garantia – Como um processo, a garantia da gestão de ativos que os ativos vão cumprir a finalidade exigida.

Ainda segundo Kardec, *et al.* (2014, p.159) “Independentemente do nome ou título que se adote para a manutenção dentro da Gestão de ativos, deve existir a consciência e/ou certeza, em todos os níveis da Organização, de que essa função é estratégica para os resultados.”

## Tipos de Manutenção Predial

A maneira pela qual é feita a intervenção caracteriza os vários tipos de manutenção existentes. A norma 5.462:1994 –confiabilidade e manutenibilidade- menciona que existem três tipos de manutenção: corretiva; preventiva e preditiva. Já Kardec e Nascif (2001) dizem que há seis tipos principais de manutenção: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção. Viana (2020), defende que existe uma verdadeira confusão, muitas vezes provocadas por modismo para introduzir serviços de consultoria ou sistema de gestão de manutenção e que na verdade existem apenas dois tipos de manutenção, sendo elas manutenção preventiva e manutenção corretiva.

Por oportuno, para estudar a área de manutenção predial, foi adotado o conceito da norma onde divide manutenção corretiva, preventiva e preditiva, proporcionando melhor alinhamento na hora da definição da estratégia de manutenção e os outros supostos tipos de manutenção podem ser entendidos como subcategorias dentro dos três tipos mais usuais.

## METODOLOGIA

A metodologia usada nesse estudo é de cunho quantitativo, realizada por meio de observação direta e buscou dimensionar a mão de obra necessária para realização de manutenção predial corretiva e preventiva nas edificações e ativos mantidos pela Coordenação-Geral de Infraestrutura dos Campis-COGIC da Fundação Oswaldo Cruz.

Para o dimensionamento da mão de obra para realização de manutenção predial corretiva e preventiva foram pesquisadas as atividades desenvolvidas pelas oficinas de manutenção da COGIC sendo elas: elétrica, hidráulica, alvenaria, pintura, serralheria e carpintaria e definidas duas estratégias. Dimensionamento por histórico de demanda para as corretivas e dimensionamento por previsão de demanda de Humano-hora para preventivas e rotinas de inspeção.

Posteriormente foram coletados os dados de atendimento de ordens de serviços - OS's nos anos de 2020, 2021 e 2022 e realizada a média anual, mensal e diária.

Para o dimensionamento da mão de obra para realizar as manutenções preventivas e rotinas de inspeção foram levantados os ativos em que se pretendia fazer essas ações.

Em seguida, através de reuniões com as equipes de apoio a fiscalização do contrato de terceirização foram revistos e rediscutidos ou criados planos de manutenção para cada família de ativo com o cálculo do tempo necessário para realizar cada atividade. Primeiro foram discutidas as atividades realizadas em cada ativo de acordo com as normas correspondentes e as ações prioritárias de acordo com o histórico de falhas, em seguida a periodicidade necessária. Foi delimitado, também, qual profissional ficaria responsável por realizar aquela ação. Logo após o tempo previsto para cada atividade.

Para dimensionar as equipes, foram utilizados como base os conceitos abordados por Teles (2018, p.78) como humano-hora útil, humano-hora total, fator de produtividade e dimensionamento de equipe.

Em seguida foram somadas as quantidades de profissionais calculadas para realização das manutenções corretivas e para as manutenções preventivas e rotinas de inspeção.

Por fim, foram calculadas a quantidade necessária de equipe de planejamento e controle da manutenção. Foi utilizado o conceito abordado por Teles (2018, p. 83), onde o autor explica que não há uma regra ou norma definida para este tema sendo utilizado como referência, os estudos de autoridades mundiais que são referências.

Após a definição das quantidades dos profissionais nos itens anteriores, foi possível estabelecer as quantidades de planejadores, programadores, supervisores e analistas necessários para a equipe de planejamento e controle da manutenção.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fundação Oswaldo Cruz-Fiocruz é uma instituição brasileira que contribui significativamente para as áreas de ciência e saúde, trazendo soluções voltadas ao bem-estar da sociedade brasileira. No ano de comemoração dos seus 120 anos em 2020, atuou de forma expressiva no enfrentamento da pandemia da covid-19 na qual no mesmo ano, foi nomeada como instituição de Referência da Organização Mundial da Saúde (OMS) para covid-19 na América Latina. Para manter em condições adequadas os diversos tipos de ambientes que constituem a Fiocruz (hospitais, laboratórios de pesquisas, instituições de ensino, creche, áreas administrativas e fabricação de medicamentos) a Coordenação-Geral de Infraestrutura dos Campi (COGIC) é responsável por prover soluções sustentáveis em infraestrutura.

A manutenção predial, na FIOCRUZ, é realizada através de contrato de terceirização. O dimensionamento da mão de obra visa garantir padrões mínimos relativos as entregas realizadas pela empresa mantenedora de modo a assegurar a eficiência dos atendimentos das ordens de serviço geradas.

Viana (2021), apresenta 5 técnicas de dimensionamento de mão de obra que podem ser aplicadas na área de manutenção. São elas:

Dimensionamento da Equipe de Manutenção por Histórico de demanda de Humano-Hora;

Dimensionamento da Equipe de Manutenção por Previsão de demanda de Humano-Hora;

Dimensionamento da Equipe de Manutenção por Produto;

Dimensionamento da Equipe de Manutenção por Atribuição;

Dimensionamento da Equipe de Manutenção por Indicadores de Referências;

As técnicas que mais se aplicam a esse estudo são a de dimensionamento por histórico de demanda e por previsão de demanda. Para iniciar o dimensionamento de mão de obra para manutenção corretiva foram levantadas as atividades realizadas pelas oficinas de elétrica, hidráulica, alvenaria, pintura, serralheria e carpintaria e chegou-se ao número de 134 atividades.

A tabela abaixo descreve as atividades desenvolvidas pela oficina de carpintaria e que podem ser solicitadas pelos usuários através de sistema próprio de abertura de ordens de serviço.

**Tabela 1 - Exemplo de atividades de manutenção corretiva desenvolvidas pela oficina de carpintaria.**

RELATÓRIO DE SERVIÇOS EXECUTADOS POR OFICINA	
CARPINTARIA	
TIPO DE SERVIÇO	DESCRIÇÃO
1. Substituição/Reparo:	1.1 Porta/caixonete/alisar
	1.2 Janela/caixonete
	1.3 Mobiliário (mesa, cadeira, banco, bancada, gaveteiro, armário, prateleira)
	1.4 Divisória/ lambri / laminado (tipo fórmica)
	1.5 Estrutura de rampa/telhado
	1.6 Maçaneta/dobradiça/mola de porta
	1.7 Tela mosquiteiro
	1.8 Pergolado
	1.9 Brinquedos (creche)
2. Instalação/Remanejamento:	2.1 Armário/Prateleira/quadro/cabideiro/persiana/bancada
	2.2 Divisória (placa/porta/visor)
	2.3 Roda meio/ rodapé
	2.4 Tela mosquiteiro
	2.5 Veda fresta
	2.6 Porta cadeado
3. Envernizar:	3.1 Esquadria (porta/janela/caixonete)
	3.2 Mobiliário (banco/armário)
	3.4 Lambri

Fonte: Dados produzidos pelo autor, 2022.

Como as atividades de manutenção corretiva ainda não possuem os tempos pré-estabelecidos de cada atividade foi determinada uma média de atendimento diário conforme históricos anteriores de manutenção. Para as oficinas de hidráulica e elétrica que realizam mais atividades de rápida execução foi estipulado o atendimento de duas ordens de serviço por profissional por dia. Atividades de serralheria, marcenaria, vidraçaria e alvenaria foi previsto o atendimento de uma ordem de serviço por dia. E para as atividades de pintura, que envolve preparação de base e acabamento, foi previsto o atendimento de uma ordem de serviço a cada dois dias. Além disso, foi dimensionada a quantidade de auxiliares baseada no cálculo de profissionais.

**Tabela 2 - Dimensionamento de mão de obra corretiva baseado em histórico de atendimento de ordem de serviço.**

Ministério da Saúde FIOCRUZ Fundação Oswaldo Cruz Coordenação Geral de Infraestrutura dos Campi		MANUTENÇÃO CORRETIVA - (COGIC)							
Item	Função	Oficina	Quantidade de os's ano	OS's/mês	Os's/mês/dia	Produtividade OS/dia	Profissional MC	Equipe de auxiliar	Total de auxiliares
1	Oficial - Manutenção Civil - Serralheiro/ Funileiro	Serralheria	1963	163,6	7,4	1,0	7,44	0,50	3,7
2	Oficial - Manutenção Civil - Marceneiro	Carpintaria	3094	257,8	11,7	1,0	11,72	0,25	2,9
3	Oficial - Manutenção Civil - Vidraceiro		399	33,3	1,5	1,0	1,51	0,00	0,0
4	Oficial - Manutenção Civil - Pintor	Pintura	1182	98,5	4,5	0,5	8,95	0,50	4,5
5	Oficial - Manutenção Civil - Armador	Alvenaria	0	0,0	0,0	1,0	0,00	0,00	0,0
6	Oficial - Manutenção Civil - Pedreiro		1206	100,5	4,6	1,0	4,57	0,50	2,3
7	Oficial - Manutenção Civil		0	0,0	0,0	1,0	0,00	0,50	0,0
8	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Hidráulica	3633	302,8	13,8	2,0	6,88	0,25	1,7
9	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica	Elétrica - Baixa tensão	5415	451,3	20,5	2,0	10,26	1,00	10,3

Fonte: Dados produzidos pelo autor, 2022.

Para as atividades de manutenção predial preventiva e rotina de inspeção foram

levantados em campo os ativos nas áreas de civil, elétrica de baixa e média tensão, alguns componentes do sistema de incêndio, gás e automação conforme tabela abaixo.

**Tabela 3 - Quadro e controle de ativos.**

<b>Ativos</b>	<b>Quantidade</b>
Banheiros	909
Bombas d'água	90
Caixas de gordura	144
Caixas de visita	5481
Chuveiro lava-olhos	130
Casa de máquinas de incêndio	14
Elementos de campo	83
Fachada e cobertura	192
Hidrômetros	64
Iluminação de emergência	547
Iluminação pública	11
Inversores e softstarter	8
Portas de controle de acesso	231
Quadro de automação	13
Quadro de comando	6
Quadro de controle de acesso	38
Quadro elétrico	1845
Reservatório de água	248
SPDA	70
Vias	11
Subestação Primária	7
Subestação Secundária	34
Geradores	51
Nobreak	861
<b>Total</b>	<b>11088</b>

**Fonte: dados produzidos pelo autor, 2022.**

Todos esses dados foram compilados em uma planilha e acrescentado o número de ativos correspondentes. A figura abaixo traz um exemplo do plano de manutenção dos chuveiros lava-olhos. Nele o plano existente de manutenção e inspeção nos chuveiros de emergência e lava olhos foi revisto de modo a atender o estabelecido em norma. A Norma ABNT NBR 16291:2014, estabelece os requisitos mínimos de desempenho e uso para os lava-olhos e chuveiros no tratamento de emergência dos olhos ou corpo de uma pessoa que tenha sido exposta a materiais perigosos, abrangendo equipamentos como chuveiros de emergência, lava-olhos, lava-olhos/face e chuveiros com lava-olhos. O objetivo desta norma é fornecer os requisitos mínimos para a padronização de funcionamento, desempenho, uso, instalação, procedimentos de ensaio, manutenção e treinamento dos lava-olhos e chuveiros de emergência. Ficou a cargo da equipe dimensionar o tempo necessário para realização de cada ação.

Tabela 4 - Exemplo de plano de manutenção dos chuveiros de emergência e Lava-Olhos.

Ministério da Saúde FIOCRUZ Fundação Osvaldo Cruz Coordenação Geral de Infraestrutura dos Campi		Plano de Manutenção dos Chuveiros de emergência e Lava-olhos					
Sistema:		Chuveiro de Emergência com Lava-olhos					
Nome do Checklist de Manutenção:		Inspeção em Chuveiros de Emergência com Lava-olhos Conforme NBR16291-2014					
Item	Checklist de Manutenção	Periodicidade	Profissional	Quant. no An	Duração (h)	Total (hh)	
1	Testar o funcionamento da válvula de acionamento	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:00:01	00:00	
2	Verificar a vazão mínima de água no lava-olhos	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:15:00	13:00	
3	Verificar a vazão mínima de água no chuveiro	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:01:00	00:52	
4	Verificar se a temperatura da água está até 38°C	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:05:00	04:20	
5	Verificar o funcionamento do acionamento de forma simultânea (lava-olhos e chuveiro)	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:01:00	00:52	
6	Verificar se os bocais do fluido de lavagem estão protegidos	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:00:30	00:26	
7	Verificar se os bocais do fluido de lavagem foram higienizados	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:00:30	00:26	
8	Verificar a pintura da tubulação do chuveiro de emergência com lava-olhos	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:01:00	00:52	
9	Verificar a rede de abastecimento do chuveiro de emergência com lava-olhos	Semanal	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	52	00:05:00	04:20	
				468	00:29	01:08	

Fonte: dados produzidos pelo autor, 2022.

Em seguida a aplicação da metodologia abordada por Teles (2018;78).

Cálculo do humano-hora útil do plano de manutenção (HHU):  $HHU = HHT \times FP$ , onde:

HHU é o humano-hora útil de cada profissional durante o mês. Este cálculo é feito através da multiplicação das horas disponíveis do profissional pelo seu fator de produtividade.

HHT é o humano-hora total, ou seja, o tempo total que um profissional está disponível para o trabalho. Na literatura utilizada o autor considera 220 horas mensais de cada colaborador considerando.

FP é o fator de produtividade que é o percentual de tempo aplicado efetivamente em atividades de manutenção. Para efeito de cálculo, foi adotado um valor de 30% que é 5% maior que o abordado na literatura (25%) pois entende-se que é mais adequado a realidade da manutenção local.

HHP é o humano-hora necessário para realização do plano de manutenção, ou seja, a carga horária do profissional para realização de cada atividade do checklist de manutenção. Nesta metodologia, foram somados todos os tempos necessários para cada atividade do checklist, multiplicados pela quantidade de ocorrências ao longo de 1 ano (de acordo com as periodicidades de cada plano) e pela quantidade de ativos levantados. Após esta conta, o valor foi dividido por 12 meses, chegando assim à quantidade de horas/mês para cumprimento do plano anual.

DE é o dimensionamento da equipe que é calculado através da razão entre o homem-hora necessário para a realização do plano e o humano-hora útil do profissional.

Fórmulas utilizadas para o cálculo:

Cálculo do humano-hora útil do plano de manutenção (HHU):  $HHU = HHT \times FP$

Cálculo do Dimensionamento da equipe (DE):  $DE = HHP/HHU$ .

A tabela abaixo traz a quantidade de ativos mapeados apenas para a área atendida com mão de obra própria da COGIC, por essa razão, apresenta quantidade de ativos menores do que a tabela 3. A tabela 3 reúne todos os ativos mapeados nos Campi Fiocruz. Em seguida são calculadas as horas necessárias para realização das atividades descritas nos planos de manutenção para o período de um ano. É calculado o humano-hora produtivo, o humano-hora total, o fator de produtividade e finalmente o humano-hora útil para chegar

no dimensionamento de equipe.

**Tabela 5 - Dimensionamento de mão de obra para manutenção preventiva e rotina de inspeção.**

Ministério da Saúde FIOCRUZ Fundação Oswaldo Cruz Coordenação Geral de Infraestrutura dos Campi		Plano de Manutenção e Rotina de Inspeção- Manguinhos (COGIC)											
Item	Plano de Manutenção	Área Resp.	Profissional	Unid.	Ativos Mapeados	Total hh (ano)	Total hh (ano)-Decimal	Ativos Map. X Total hh	HHP	HHT	FP	HHU	DE
1	Reservatório d'água	Hidráulica	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	172	07-49	7,82	1344,47	112,04	220	0,3	66	1,697559
2	Banheiro	Hidráulica	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	437	04-00	4,00	1748,00	145,67	220	0,3	66	3,207071
3	Chuveiro Lavatórios	Hidráulica	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	71	01-08	1,13	80,47	6,71	220	0,3	66	0,101599
4	Bombas	Hidráulica	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I	Unidade	36	14-12	14,20	511,20	42,80	220	0,3	66	0,645455
5	Hidrometro	Hidráulica	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	54	00-10	0,17	9,00	0,75	220	0,3	66	0,011364
6	Caixa de Visita	Hidráulica	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	4985	00-10	0,17	830,85	69,24	220	0,3	66	1,049032
7	Caixa de Gordura	Hidráulica	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	100	00-21	0,85	35,00	2,92	220	0,3	66	0,044192
8	Fachada e Cobertura	Alvenaria	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Edificação	117	00-36	0,00	70,20	5,85	220	0,3	66	0,088636
9	Vias	Alvenaria	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Trecho	7	08-00	8,00	56,00	4,67	220	0,3	66	0,070707
10	Quadro Elétrico	Elétrica	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I	Unidade	1134	04-01	4,02	4554,90	379,58	220	0,3	66	5,751136
11	Iluminação Pública	Elétrica	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica	Trecho	7	05-32	5,53	38,73	3,23	220	0,3	66	0,048906
12	Iluminação de Emergência	Elétrica	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica	Unidade	168	15-56	15,93	2676,80	223,07	220	0,3	66	3,379798
13	SPDA	Elétrica	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I	Edificação	56	02-05	2,08	116,67	9,72	220	0,3	66	0,147306
14	Casas de Máquinas de Infrâmido	Alvenaria	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Unidade	9	04-00	4,00	36,00	3,00	220	0,3	66	0,044945
15	Quadros de controle de acesso	Automação	Técnico Operacional em Automação - Nível I	Unidade	16	04-00	4,00	64,00	5,29	220	0,3	66	0,083038
16	Portas	Automação	Técnico Operacional em Automação - Nível I	Unidade	169	08-12	3,20	540,80	45,07	220	0,3	66	0,888282
17	Inversor e Softstarter	Automação	Técnico Operacional em Automação - Nível I	Unidade	4	02-00	2,00	8,00	0,67	220	0,3	66	0,010101
18	Elementos de campo	Automação	Técnico Operacional em Automação - Nível I	Unidade	59	02-25	2,42	142,58	11,88	220	0,3	66	0,180029
19	Quadro de comando	Automação	Técnico Operacional em Automação - Nível I	Unidade	4	15-58	15,97	63,87	5,32	220	0,3	66	0,08064
20	Quadro de automação	Automação	Técnico Operacional em Automação - Nível I	Unidade	7	12-24	12,40	86,80	7,23	220	0,3	66	0,109996
21	Subestação Primária	Elétrica - Utilidades	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I (Subestações)	Unidade	1	09-05	9,08	9,08	0,76	220	0,3	66	0,011469
22	Subestação Secundária	Elétrica - Utilidades	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I (Subestações)	Unidade	22	14-25	14,42	317,17	26,43	220	0,3	66	0,400463
23	Geradores	Elétrica - Utilidades	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I (Geradores)	Unidade	37	23-50	23,83	881,83	73,49	220	0,3	66	1,113428
24	Nobreaks	Elétrica - Utilidades	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I (Utilidades)	Unidade	778	02-40	2,67	2074,67	172,89	220	0,3	66	2,619529

Fonte: Dados produzidos pelo autor, 2022.

É possível notar que tanto dimensionamento de mão de obra corretiva quanto preventiva não foram arredondados. O objetivo é realizar o arredondamento apenas no final para evitar superdimensionamento de equipe. Na tabela abaixo foram somadas as equipes calculadas para realização das manutenções prediais preventiva e corretivas. Nessa etapa foi realizado um Brainstorming com a equipe de modo a avaliar se os cálculos adotados correspondem as necessidades percebidas ao longo dos anos pelas equipes de fiscalização da fundação.

**Tabela 6 - Resumo de mão de obra para manutenção corretiva, manutenção preventiva e rotina de inspeção.**

Ministério da Saúde FIOCRUZ Fundação Oswaldo Cruz Coordenação Geral de Infraestrutura dos Campi		RESUMO - QUANTIDADE DE POSTOS				
Item	Função	Oficina	MANGUINHOS COGIC-MC/ MP PROFISSIONAL - ADOTADO	MANGUINHOS COGIC MC/MP AUXILIAR - ADOTADO	MANGUINHOS COGIC-MC/ MP PROFISSIONAL - CALCULADO	MANGUINHOS COGIC MC/MP AUXILIAR - CALCULADO
1	Oficial - Manutenção Civil - Serralheiro/ Funileiro	Serralheria	9	5	7,44	3,72
2	Oficial - Manutenção Civil - Marceneiro	Carpintaria	11	3	11,72	2,93
3	Oficial - Manutenção Civil - Vidraceiro		2	0	1,51	0,00
4	Oficial - Manutenção Civil - Pintor	Pintura	9	5	8,95	4,48
5	Oficial - Manutenção Civil - Armador				0,00	0,00
6	Oficial - Manutenção Civil - Pedreiro	Alvenaria	5	3	4,57	2,28
7	Oficial - Manutenção Civil 44h				0,00	0,00
8	Oficial - Manutenção Civil 12 x 36h Diurno	Plantão	1			
9	Oficial - Manutenção Civil 12 x 36h Noturno	Plantão	1			
10	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Hidráulica	9	3	12,20	3,05
11	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica 12 x 36h Diurno	Plantão	1	1		
12	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica 12 x 36h Noturno	Plantão	1	1		
13	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica		11	11	13,68	13,68
14	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I	Elétrica - Baixa tensão	7		0,00	0,00
15	Técnico Operacional em Automação - Nível I		1	1	0,00	0,00
	<b>SUBTOTAL POR UNIDADE/CAMPUS</b>		<b>68</b>	<b>33</b>	<b>60,07</b>	<b>30,14</b>

Fonte: Dados produzidos pelo autor, 2022.

Em posse do quantitativo de profissionais e auxiliares necessários para atender as atividades de responsabilidade da equipe de manutenção predial foi iniciado o dimensionamento da equipe de planejamento e controle da manutenção. A figura abaixo relaciona a quantidade de profissionais necessários baseado na quantidade de profissionais de campo, seguindo as referências desses autores:

Figura 2 - Relação de profissionais de PCM por executantes.

Relação de Profissionais de PCM por Executantes		
Relação/Executante	Função	Referência
1/20	Planejador	Ricky Smith, GP Allied, 2013.
1/15	Planejador	Coby Frampton, Charles Broks Assoc.
1/20	Planejador	Don Nyman and John Levitt, 2006.
1/3	Programador	Don Nyman and John Levitt, 2006.
1/10	Supervisor	Don Nyman and John Levitt, 2006.
1/3	Analista	Don Nyman and John Levitt, 2006.

Fonte: Planejamento e controle de manutenção descomplicado, 2019.

Para o estudo que segue foi considerada a proporção de 1/20 para planejador e programador, 1/15 para engenheiro e 1/15 para supervisor. Foi definido a utilização de um coordenador ao invés de analista. Importante frisar que a metodologia orienta a o cálculo, mas o histórico de manutenção do local deve ser levado em consideração de acordo com as especificidades. Foram acrescentados além dos estudos os cargos de técnico de segurança do trabalho e técnico de qualidade.

Tabela 7 - Resumo de equipe.

		RESUMO - QUANTIDADE DE POSTOS				
Item	Função	Oficina	MANGUINHOS COGIC-MC/ MP PROFISSIONAL - ADOTADO	MANGUINHOS COGIC MC/MP AUXILIAR - ADOTADO	MANGUINHOS COGIC-MC/ MP PROFISSIONAL - CALCULADO	MANGUINHOS COGIC MC/MP AUXILIAR - CALCULADO
1	Oficial - Manutenção Civil - Serralheiro/ Funileiro	Serralheria	9	5	7,44	3,72
2	Oficial - Manutenção Civil - Marceneiro	Carpintaria	11	3	11,72	2,93
3	Oficial - Manutenção Civil - Vidraceiro		2	0	1,51	0,00
4	Oficial - Manutenção Civil - Pintor	Pintura	9	5	8,95	4,48
5	Oficial - Manutenção Civil - Armador				0,00	0,00
6	Oficial - Manutenção Civil - Pedreiro	Alvenaria	5	3	4,57	2,28
7	Oficial - Manutenção Civil 44h				0,00	0,00
8	Oficial - Manutenção Civil 12 x 36h Diurno	Plantão	1			
9	Oficial - Manutenção Civil 12 x 36h Noturno	Plantão	1			
10	Oficial - Manutenção Civil - Bombeiro Hidráulico/ Gasista	Hidráulica	9	3	12,20	3,05
11	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica 12 x 36h Diurno	Plantão	1	1		
12	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica 12 x 36h Noturno	Plantão	1	1		
13	Oficial - Manutenção Civil - Elétrica		11	11	13,68	13,68
14	Técnico Operacional em Eletrotécnica - Nível I	Elétrica - Baixa tensão	7		0,00	0,00
15	Técnico Operacional em Automação - Nível I		1	1	0,00	0,00
<b>SUBTOTAL POR UNIDADE/CAMPUS</b>			<b>68</b>	<b>33</b>	<b>60,07</b>	<b>30,14</b>
			<b>ADOTADO</b>		<b>CALCULADO</b>	
16	SUPERVISOR 44h		6		6,01	
17	SUPERVISOR 12 X 36 DIURNO		1			
18	SUPERVISOR 12 X 36 NOTURNO		1			
19	PROGRAMADOR		3		3,00	
20	PLANEJADOR		3		3,00	
21	ENGENHEIRO/ARQUITETO		4		4,00	
22	TÉCNICO DE SEGURANÇA		2		2,00	
23	TÉCNICO DE QUALIDADE		1		1,00	
<b>TOTAL</b>			<b>122</b>		<b>109,23</b>	

Fonte: Dados produzidos pelo autor, 2022.

Para atender os períodos noturnos e finais de semana algumas funções foram divididas entre profissionais diaristas e profissionais plantonistas. O dimensionamento da mão de obra irá permitir o controle das atividades pela equipe de PCM de modo a identificar quais procedimentos devem ser melhorados e elevar a produtividade gradativamente. Para o dimensionamento das horas dos planos de manutenção foram levados em consideração apenas o tempo com “a mão na ferramenta”. É preciso entender as demais atividades relacionadas para eliminar os desperdícios.

É fundamental elaborar instruções de trabalhos para as atividades de manutenção corretiva de modo a treinar os profissionais e monitorar os tempos de atendimento. Assim será possível elaborar o indicador de tempo estipulado com o tempo utilizado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pergunta inicial dessa pesquisa foi como dimensionar uma equipe para realizar atividades de manutenção predial corretiva e preventiva a partir de lista de ativos e lista de atividades. Conclui-se que é possível dimensionar a equipe através do método proposto e que os resultados se aproximaram a realidade de mercado. Porém, há margem para otimização dos serviços de modo a aumentar a produtividade e atendimento sem acrescentar mão de obra ao contrato, além de justificar investimento que elevem o atendimento de ordens de serviço.

Nesse momento é oportuno padronizar os tipos de chamados atendidos pelas equipes mantenedoras com o objetivo de posteriormente criar instruções de trabalhos que permitam treinar os profissionais e ter clareza sobre o que é esperado.

Também chama a atenção a ausência de documentação que definam não só o que precisa ser feito para manter um ativo da área civil, mas sim como deve ser feito.

É perceptível que ativos ligados a parte de elétrica, automação e mecânica possuem materiais normativos mais difundidos e apresentaram maior facilidade na revisão dos planos de manutenção. Já os itens das áreas civis, como coberturas, fachadas e vias, precisaram de mais tempo para a criação dos planos e foram elaborados de acordo com o histórico de falhas das ordens de serviço locais.

Recomenda-se que haja um aprofundamento nos temas ligados as áreas de manutenção civil para entender quais procedimentos devem ser realizados nas edificações de acordo com as suas especificações.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14037** – Manual de operação, uso e manutenção das edificações -Conteúdo e recomendação para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 15575** – Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 5674** – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR ISO 55001** – Gestão de Ativos – Sistemas de Gestão – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 5462** – Confiabilidade e Manutenibilidade Gestão de Ativos. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas **NBR 16291** – Chuveiros e lava-olhos de emergência – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014.

- ALEXANDER, K. **Facilities Management**, Theory and Practice. London. E&FN SPON, 1996
- ANTONIOLI, P. E. **Estudo crítico sobre subsídios conceituais para suporte do planejamento de sistemas de gerenciamento de facilidades em edificações produtivas**. 2003. 256 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- ARCURI FILHO, R. **Medicina de sistemas**: Uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão da manutenção, Niterói, 2005. 148 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense
- BRUIJN, H; WEZEL, R; WOOD, R. **Lessons and Issues for Defining Facilities Management from hospitality management**. In: Facilities, V 19, n13, p. 476-483,2001
- FERREIRA, Franciele Maria Costa; SOUZA, Henor Artur de. Management for maintenance of public education. **Gestão & Produção**, v. 28, 2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9649.2020v28e4894>
- KLEIN, J.J. **Desenvolvimento e implantação de um sistema de planejamento e controle da Manutenção Informatizando em uma instituição de Ensino Superior**. 2007. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, porto Alegre, RS.
- MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Tradução de Kleber Siqueira. SP: Ed. SPES Engenharia de sistemas Ltda, 2000.
- NUNES, Enon Laércio. **Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.
- PIAIA, Emerson; COSTA, Marcos Vinícius Tovazzi; QUINELLO, Robson. **A percepção dos gestores de facilities sobre o estado de conservação das infraestruturas prediais no estado de São Paulo**. E&S - Engineering and Science, 11:2.
- PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio Aquino; LAFRAIA, João; ESMERALDO, João. **Gestão de ativos**, Rio de Janeiro: Qualitymark ED.,2014.
- PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio Aquino. **Manutenção função estratégica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora,2001.
- TELES, Jonathan. **Planejamento e controle de manutenção descomplicado:uma metodologia passo a passo para a implantação do PCM**. Brasília: Engeteles Editora,2019.
- VIANA, Hebert. **Manual de gestão da manutenção – Volume 1**. Brasília: Engeteles Editora, 2020. <https://engeteles.com.br/10-grandes-desperdicios-na-manutencao/> Acessado em: 19 de março de 2023

## Resíduos de construção civil: uma revisão bibliográfica

### *Construction waste: a bibliographical review*

Alex Gomes Pereira

Rafael Moreira de Freitas

Camila Del Castilho Ribeiro de Oliveira Pereira

#### RESUMO

A indústria da construção civil se caracteriza como um grande consumidor de recursos naturais e ao mesmo tempo se destaca como um dos maiores geradores de resíduos sólidos. Neste contexto, este trabalho apresenta um estudo sobre os resíduos gerados pela construção civil. Para tanto, o presente trabalho apresenta uma revisão sobre o tema em questão. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica sistemática a respeito do assunto, passando por uma abordagem geral, apresentando dados, aplicações e características referente ao tema. A pesquisa evidenciou a necessidade de aprofundamento da discussão da reciclagem desses materiais, com intuito de redução de gastos e destinação correta do resíduo em questão.

**Palavras-chave:** RCC; resíduo sólido; construção civil.

#### ABSTRACT

The construction industry is characterized as a large consumer of natural resources and at the same time stands out as one of the largest generators of solid waste. In this context, this work presents a study on waste generated by construction. To this end, this work presents a review of the topic in question. The research was developed based on a systematic bibliographic review on the subject, going through a general approach, presenting data, applications and characteristics related to the topic. The research highlighted the need to further discuss the recycling of these materials, with the aim of reducing costs and correctly disposing of the waste in question.

**Keywords:** RCC; solid waste; construction.



## INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das atividades mais antigas realizadas pelo ser humano e desde os primórdios da humanidade, mesmo sendo desenvolvida de forma artesanal, gerava como subprodutos grandes quantidades de resíduos minerais (Levy; Helene, 2000).

Todavia, é necessário que mudanças sejam estudadas e aplicadas na construção civil, visto que este ramo se destaca como uma atividade geradora de impactos ambientais e seus resíduos têm representado um grande problema não só no meio ambiente, mas também para a sociedade (Freitas, 2009). Esses problemas ambientais relativos aos resíduos de construção e demolição estão associados à sua disposição final e à exploração de matérias-primas (Mariano, 2008).

Tais materiais sofrem alterações quantitativas e qualitativas ao longo do tempo, no entanto, sua gestão não acompanha a evolução das tecnologias de produção (Strauch, 2008). Neste contexto, destaca-se o Brasil, em que a coleta, o tratamento e a destinação final adequada dos resíduos sólidos (RS) ainda são pouco usados, estabelecendo uma complexa tarefa, que deve atender às exigências da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Como resultado, tem-se um aumento na geração de RS, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nas grandes metrópoles do país (Gouveia, 2012).

Segundo Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2016) o resíduo da construção civil (RCC), também denominado de entulho, é todo resíduo produzido no processo construtivo. Os RCC's são os fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço e madeira. Nesta temática, os objetivos do presente trabalho foram apresentar uma revisão bibliográfica sobre o resíduo gerado pela construção civil.

## METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa se caracteriza um trabalho de revisão, visto que resume, analisa e discute informações já divulgadas. Quanto à natureza, a pesquisa é básica, cuja finalidade é gerar conhecimentos novos sem pesquisa de campo prevista e abrange verdades e interesses universais. A abordagem é qualitativa, pois haverá adoção de posições subjetivas decorrentes de estudos bibliográficos a partir de trabalhos já publicados (Gil, 2008).

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se de periódicos e artigos científicos retirados de periódicos especializados disponíveis na internet. Para tanto, foram selecionados trabalhos publicados a partir do ano de 2000, em que são apresentados estudos sobre o tema em estudo.

## RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

### RCC

De acordo com a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, o RCC é definido como:

Resíduos oriundos de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., convencionalmente chamados de entulhos de obras (Brasil, 2002).

Ainda segundo a Resolução CONAMA nº 307 de 2002, os resíduos da construção civil não podem ser descartados de qualquer forma ou em qualquer lugar, uma vez que esses materiais são grandes poluidores em virtude de serem originados de outros materiais, como, metálicos, rochas, e químicos (tintas, argamassas, tijolo e concreto).

A NBR 10004 (ABNT, 2004) define três categorias de RS:

- (1) Resíduos Perigosos – classe I, categoria os resíduos de tratamentos de esgotos, RS domiciliares e os resíduos da construção civil;
- (2) Resíduos não inertes ou classe II; e
- (3) Resíduos inertes classe III, definidos como aqueles que em ensaio de solubilização dos resíduos, após 7 dias, a água solubilizada apresenta condições de potabilidade, exceto pela cor.

O art. 3º da resolução CONAMA 307 de 2002 classifica os resíduos da construção civil em 4 classes: A, B, C e D. Essas classes são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Características dos resíduos da construção civil segundo o CONAMA 307 de 2002.**

Resíduo da Construção Civil	Características
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Adaptado do CONAMA 307 de 2002.

## Reciclagem e Reaproveitamento de RCC

A reutilização dos resíduos da construção civil por meio da utilização de agregados reciclados possibilita a substituição parcial dos recursos naturais proveniente da natureza (Fernandes, 2016).

Com relação a reutilização dos resíduos da construção civil, Sposto (2006) salienta que é uma ação que deve ser popularizada na construção civil, visto que esses materiais apresentam elevado potencial de reaproveitamento e reciclagem. Além de ser uma alternativa para economia de matéria prima e energia.

Conforme a Resolução CONAMA n° 307 de 2002, a reutilização dos resíduos deve obedecer às disposições das leis e órgãos normalizadores. Referente aos resíduos oriundos da indústria da construção civil, estes devem passar por uma seleção para classificar os tipos de resíduos para a estocagem e destinação adequada.

Para Tam, Soomro e Evangelista (2018), aproximadamente 90% dos resíduos da construção civil podem ser reciclados. Na literatura especializada é possível verificar inúmeros estudos sobre reciclagem de resíduos de construção civil.

Fliegner (2015) diz que umas das formas de reutilização RCC é o uso em pavimentos, sendo utilizados em camadas de pavimentos rodoviários. Ainda segundo Fliegner (2015), os resíduos de construção podem ser utilizados como substituto de agregados pétreos em concreto com função não-estrutural, desde que livres de contaminantes e impurezas numa proporção de até 20%, podendo estes concretos serem empregados em blocos, meio-fio, e outros materiais não-estruturais (Ferreira; Noschang; Ferreira, 2009).

Brasileiro e Matos (2015) revelam que os agregados resultantes da reciclagem de RCD podem ser utilizados em argamassas de assentamento de tijolos e blocos ou em revestimentos internos e externos. Entre as vantagens estão na diminuição dos custos de transporte, consumo de cimento e cal e pelo ganho de resistência à compressão em comparação às argamassas convencionais.

No estudo realizado por Santos (2014), o autor apresentou uma pesquisa sobre o uso de resíduos de construção civil como agregado em pisos táteis e intertravados, revelando assim uma solução ambiental para esse tipo de resíduo.

Outra aplicação dos resíduos de construção civil é na produção de blocos de concreto para vedação e/ ou elementos de enchimento em lajes pré-moldadas a partir do emprego de pó de serra como agregado miúdo em substituição parcial ou total do agregado miúdo mineral, proporcionando assim a diminuição significativa de areia na sua produção, além de possibilitar um desempenho mais leve e termoisolante do material, em função da baixa condutividade térmica do pó de serra (Fliegner, 2015).

Santos (2007) mostra uma outra possibilidade de utilização do RCC como material de aterro em obras de solo reforçado. No estudo do autor, por meio de ensaios de caracterização e mecânico, o RCC apresentou baixos coeficientes de variação, excelentes propriedades de resistência e comportamento mecânico comprovando seu emprego.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como proposto neste estudo, o objetivo geral consistiu em apresentar uma revisão da literatura sobre o resíduo gerado pela construção civil. Para tal, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para o alcance do objetivo da pesquisa.

Com base neste trabalho, foi possível identificar a potencialidade reciclagem do resíduo produzido pela construção civil, o que possibilita redução de gasto e descarte correto destes materiais.

Assim, pode-se concluir que o objetivo da pesquisa foi alcançado, e que tão importante quanto saber sobre os resíduos da construção civil é saber explorar sua reutilização.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**, Rio de Janeiro, 2004.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão Bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Revista Cerâmicas 61. p. 178-189, 2015.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002**. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- FERNANDES, B. C. M. **A utilização de resíduos na construção civil e demolição – RDC – Como agregado para o concreto**. Minas Gerais: Unifor–MG: 2016.
- FERREIRA, D. D.M.; NOSCHANG, C. R. T.; FERREIRA, L. F. **Gestão de Resíduos da Construção Civil e de Demolição: Contribuições para a Sustentabilidade Ambiental**. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói, RJ, 2009.
- FLIEGNER, A. P. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Santa Rosa, 2015.
- FREITAS, M. I. **Os resíduos de construção no município de Araraquara/SP**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara (UNIARA), 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p.1503-1510, 2012.
- LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. Durabilidade de concretos produzidos com resíduos minerais de construção civil. In: **iii Seminário: Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Práticas Recomendadas**, IBRACON, 3. São Paulo. Anais [...]. São Paulo: IBRACON, 2000. p. 03-14.
- MARIANO, L. S. **Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural: estudo de caso de uma obra com 4.000 m<sup>2</sup>**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - Departamento de Hidráulica e Saneamento) - Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2008.

- SANTOS, E. C.G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.
- SANTOS, V. R. F. **Análise do desempenho de Pisos táteis, Intertravados, Produzidos com Agregados de Resíduos de Construção Civil - RCC e Fibras de Aço**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2014.
- SPOSTO, R. M. **Os resíduos da construção: problema ou solução? Espaço Acadêmico**, v.4, n.61, 2006.
- STRAUCH, M. Gestão de recursos naturais e resíduos. In: STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, P.P. **Resíduos: como lidar com recursos naturais**. São Leopoldo: Oikos. p. 29-82, 2008.
- TAM, V. W. Y.; SOOMRO, M.; JORGE EVANGELISTA, A. C. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). **Construction And Building Materials**, 172, p. 272-292, 2018.

## Tecnologias sustentáveis na gestão de água: o papel das ETARs na redução do consumo e na promoção da sustentabilidade ambiental

### *Sustainable technologies in water management: the role of WWTPs in reducing consumption and promoting environmental sustainability*

**Marcos Alberto Mendes de Souza**

*Fatec Osasco Prefeito Hirant Sanazar Manutenção Industrial*

**Antônio Carlos Santos de Arruda**

**Magda Dias Gonçalves Rios**

#### RESUMO

A capacitação de água é um conceito que se relaciona com a gestão eficiente dos recursos hídricos, visando garantir o acesso à água potável e ao saneamento básico para toda a população, ao mesmo tempo em que se promove a conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis. O Tratamento de Águas Residuais e Consumo de Água: ETARs ajudam a reduzir o consumo de água ao promoverem a reutilização de águas tratadas. Contribuem para a conservação dos recursos hídricos, reduzindo assim a pressão sobre as fontes de água doce. Utilizada para irrigação agrícola, descarga de sanitários, refrigeração industrial, entre outros fins não potáveis. Além disso, o tratamento adequado das águas residuais reduz o risco de propagação de doenças e melhora as condições de saúde pública. ETARs desempenham um papel fundamental na gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente em relação ao consumo de água e à sustentabilidade ambiental. No contexto da sustentabilidade ambiental, a capacitação de água envolve não apenas o tratamento eficiente das águas residuais, mas também a implementação de políticas e práticas que promovam o uso racional da água em todas as atividades humanas, desde o consumo doméstico até as atividades industriais e agrícolas. Isso inclui a implementação de práticas de gestão integrada dos



recursos hídricos, o monitoramento da qualidade da água, a promoção do uso eficiente da água e a conservação dos ecossistemas aquáticos. Além disso, é importante considerar as necessidades das comunidades locais e garantir o acesso equitativo à água para todos.

**Palavras-chave:** ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais; consumo de água; sustentabilidade ambiental.

## ABSTRACT

Water capacity building is a concept that relates to the efficient management of water resources, aiming to guarantee access to drinking water and basic sanitation for the entire population, while promoting the conservation and sustainable use of water resources available. Wastewater Treatment and Water Consumption: WWTPs help reduce water consumption by promoting the reuse of treated water. They contribute to the conservation of water resources, thus reducing pressure on freshwater sources. Used for agricultural irrigation, toilet flushing, industrial refrigeration, among other non-potable purposes. Furthermore, proper wastewater treatment reduces the risk of spreading disease and improves public health conditions. WWTPs play a fundamental role in the sustainable management of water resources, especially in relation to water consumption and environmental sustainability. In the context of environmental sustainability, water empowerment involves not only the efficient treatment of wastewater, but also the implementation of policies and practices that promote the rational use of water in all human activities, from domestic consumption to industrial activities and agricultural. This includes implementing integrated water resources management practices, monitoring water quality, promoting efficient water use and conserving aquatic ecosystems. Furthermore, it is important to consider the needs of local communities and ensure equitable access to water for all.

**Keywords:** WWTP - Wastewater Treatment Plant; water consumption; environmental sustainability.

## INTRODUÇÃO

O estudo faz uma revisão detalhada da literatura existente sobre sustentabilidade ambiental, gestão de recursos hídricos, e tecnologias de tratamento de águas residuais. Este processo inclui a identificação de estudos anteriores, análise de tendências e síntese de achados relevantes.

A análise de documentos inclui a avaliação de políticas, regulamentações e práticas recomendadas para o tratamento e reuso de águas residuais. Isso envolve a análise crítica de diretrizes e normas, que regula sistemas de separação de água e óleo, entre outras.

O artigo menciona exemplos específicos de aplicações práticas de ETARs, destacando projetos e iniciativas em diferentes contextos industriais e urbanos. Este estudo de caso fornece insights sobre a implementação de tecnologias sustentáveis e os resultados obtidos em termos de eficiência e conservação de recursos.

Além do tratamento eficiente das águas residuais, a capacitação de água envolve a implementação de políticas e práticas que promovam o uso racional da água em todas as atividades humanas. Isso inclui práticas de gestão integrada dos recursos hídricos, monitoramento da qualidade da água, promoção do uso eficiente da água e conservação dos ecossistemas aquáticos. A necessidade de considerar as demandas das comunidades locais e garantir o acesso equitativo à água para todos é igualmente importante.

## O Que é Sustentabilidade Ambiental?

Sustentabilidade ambiental é o uso dos recursos naturais de forma responsável, para que garantam que continuem existindo e possam ser aproveitados pelas próximas gerações.

A preocupação com a sustentabilidade é fundamental para reduzir problemas ambientais como poluição, efeito estufa, aquecimento global, extinção de animais e vegetais e o fim de recursos naturais.

Um dos maiores desafios para aplicar as medidas de sustentabilidade ambiental é encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social de um país e a preservação do meio ambiente.

Como surgiu a sustentabilidade ambiental?

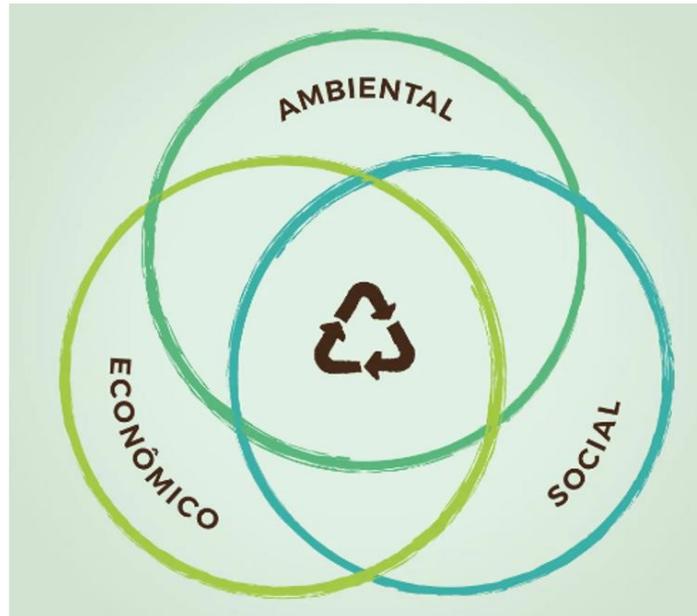
A preocupação com a sustentabilidade do meio ambiente surgiu na década de 1970, quando a necessidade da preservação do meio ambiente começou a chamar atenção. A percepção dos prejuízos que resultaram do aumento da industrialização, iniciado no século XIX com a Revolução Industrial, foi determinante para a compreensão dessa necessidade.

Mas foi só na década de 1980 que a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU criou a expressão e sugeriu as primeiras medidas de sustentabilidade ambiental.

## O Tripé da Sustentabilidade?

O conceito de sustentabilidade é fundamental para entender a sustentabilidade. Ele é baseado na união dos três focos mais afetados: ambiente, sociedade e economia.

Para que a sustentabilidade se torne uma realidade apresentado na Figura 1, é preciso que as três áreas sejam consideradas em conjunto e as medidas criadas devem abranger todos esses interesses.

**Figura 1 - Tripé da Sustentabilidade.**

Fonte: <https://www.significados.com.br/sustentabilidade-ambiental/>

O tripé da sustentabilidade contém os três pilares mais importantes da sustentabilidade ambiental.

## COMO AJUDAR NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL?

Algumas atitudes simples podem ser adotadas para um dia a dia mais sustentável e voltado à proteção ambiental:

- Usar água com cuidado, evitando o desperdício e reaproveitando a água sempre que for possível;
- Não jogar lixo no chão ou na natureza, o lixo pode contaminar o solo e entupir as saídas de água;
- Criar o hábito de separar e reciclar o lixo doméstico;
- Evitar consumir produtos com embalagens ou sacolas plásticas, esse material não se decompõe e provoca muitos danos à natureza;
- Usar transportes públicos ou outros transportes mais sustentáveis como a bicicleta e o rodízio de carros para diminuir as emissões de gás carbônico na atmosfera;
- Usar a criatividade e reaproveitar materiais e objetos ao invés de comprar novos produtos;

O texto abaixo:

A **captação de água de chuva** representa uma alternativa importante para suprir as demandas de água em todo o mundo. No entanto, observam-se diferenças nas perspectivas de utilização dessa fonte de água. As diferenças mais notáveis nesse sentido envolvem os modelos de programas adotados nas áreas rurais e as concepções das áreas urbanas. O Brasil destaca-se nesse cenário uma vez que está em curso no país um dos maiores programas do mundo de construção de cisternas para armazenamento de água de chuva, a partir das quais a água é retirada para consumo humano, tendo sido construídas, até agosto de 2013, 476.040 das 1.186.601 estruturas previstas para serem construídas no Semiárido Brasileiro. Nesse contexto, o presente trabalho discute o programa brasileiro a partir dos aportes das experiências internacionais, como também, apresenta uma revisão da literatura concernente ao tema. Para finalizar, o artigo apresenta uma agenda para futuras pesquisas à luz das lacunas identificadas (grifo meu).

O texto acima foi retirado do artigo : *A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional*.

Essa publicação já tem mais de dez anos da sua publicação, o problema da água já vem a décadas sendo mostras populações sempre passando dificuldades com a sua falta ou escassez.

## ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS (ETAR)

As **Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)** são infraestruturas onde se tratam as águas residuais de origem doméstica e industrial para poderem ser escoadas de forma mais segura para o mar ou o rio, com níveis de poluição aceitáveis para o meio ambiente.

As águas residuais são sujeitas a vários processos de tratamento para separar as matérias poluentes da água. Os primeiros tratamentos – **pré-tratamento** – separam os sólidos mais grosseiros por gradagem, as areias por desarenamento e as gorduras por desengorduramento. O resultante, o efluente, é preparado para as fases de tratamento posteriores.

- **Gradagem** – remoção de resíduos sólidos de maiores dimensões das águas residuais afluentes à ETAR. O objetivo deste processo é:
  1. A proteção de dispositivos de transporte e tratamento a jusante (posteriores);
  2. Eliminação de sólidos flutuantes de maiores dimensões;
  3. Melhorar a eficiência de tratamento do sistema, eliminando uma grande parcela de matéria orgânica inicialmente.
- **Desarenamento** – remoção dos materiais pesados – metais, areias, carvão – permitindo a passagem de sólidos orgânicos. Este passo evita a deposição de areias e afins nas condutas e canais a jusante, protegendo os equipamentos.
- **Desengorduramento** – remoção de gorduras por emulsão.

O **tratamento primário** separa a matéria poluente da água por sedimentação. Trata-se de um processo meramente de ação física e que em alguns casos pode ser facilitado pela adição de agentes químicos que através da coagulação da matéria poluente facilitam a sua decantação. Após o tratamento primário, a matéria poluente restante, de natureza

orgânica, tem dimensões reduzidas, os coloides, necessitando de processos biológicos complementares aos físico-químicos para ser removida.

O **tratamento biológico** ou **secundário**, implica a degradação dos coloides e partículas afins por microrganismos aeróbios. Existem vários processos possíveis que funcionam sobre princípios semelhantes, como por exemplo, os sistemas aeróbios intensivos, quer por biomassa (microrganismos) suspensa (**lamas ativadas**), quer por biomassa fixa (**leitões percoladores** e **biodiscos** ou **discos biológicos**), e os sistemas aquáticos por biomassa suspensa – **lagunagem**. O efluente resultante deste tratamento tem uma elevada concentração de microrganismos mas poucos materiais poluentes remanescentes. Os microrganismos são removidos após sedimentarem – **sedimentação secundária**.

O denominado reator biológico, onde ocorre o tratamento secundário, é onde a matéria orgânica da água residual contacta com os microrganismos aeróbios que têm como função a oxidação dessas partículas orgânicas. Durante este processo formam-se flocos biológicos em suspensão, resultantes da flocculação de partículas coloidais orgânicas e inorgânicas e dos microrganismos – **lamas ativadas**.

O material em suspensão é removido por **decantação secundária**. Os reatores biológicos estão divididos em três partes:

1. Uma zona anaeróbia para remoção de fósforo;
2. Uma zona aeróbia (com injeção de oxigénio) para oxidação da matéria orgânica e;
3. Uma zona anóxica (sem arejamento) onde ocorre a nitrificação e desnitrificação necessário à remoção do azoto.

Na maioria dos casos, no final do tratamento as águas efluentes poderão ser libertadas para o meio ambiente. No entanto, e dependendo do local de despejo as águas tratadas deverão ser desinfetadas e deverão ser removidos alguns nutrientes como o azoto e o fósforo que, isoladamente ou em conjunto, poderão promover a eutroficação das bacias de água receptoras destes efluentes.

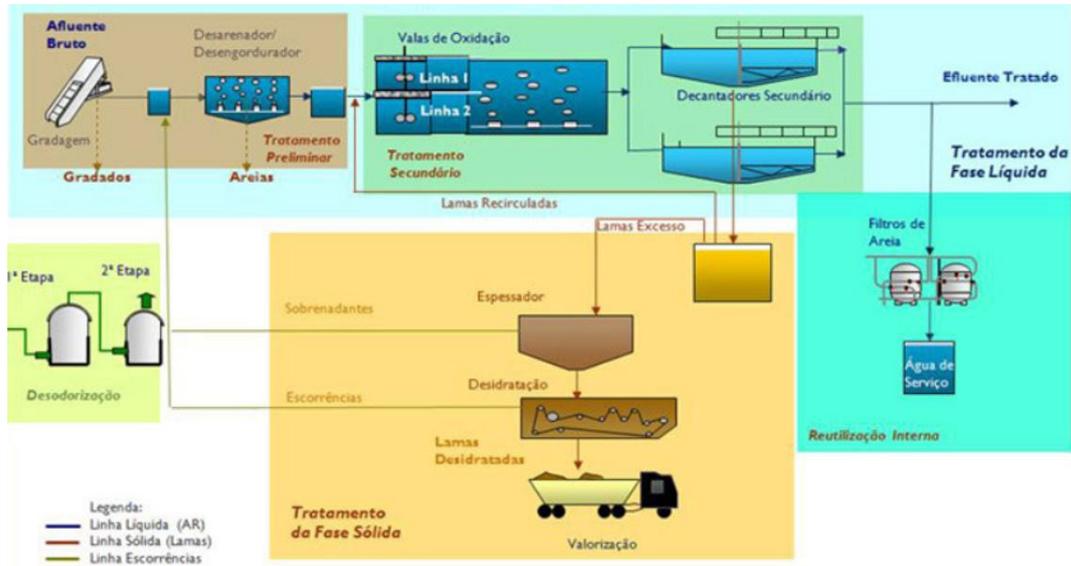
Em Portugal, e uma vez que a maioria das águas residuais não é reutilizada, mas sim libertada para o meio ambiente, geralmente não se utiliza este último passo de desinfecção. Alguns dos processos de desinfecção disponíveis são baseadas em tratamentos de cloro, ozono e ultravioletas (UV).

O mais económico é o tratamento com cloro, sendo também o mais utilizado. É bastante eficaz na eliminação de bactérias (ao nível doméstico é muito utilizada a desinfecção com lixívia que se baseia nos mesmos componentes e princípios), mas menos eficaz na eliminação de vírus, podendo ter efeitos adversos e graves para o ambiente e para a saúde pública.

A desinfecção com ozono embora um pouco mais eficaz que o tratamento com cloro, pode resultar na formação de subprodutos contaminantes na água tratada perigosos para o ambiente e saúde pública.

A utilização de UVs, é mais dispendiosa mas apresenta melhores resultados quer ao nível da eliminação de bactérias e vírus, quer ao nível de não produzir resíduos tóxicos resultantes do tratamento.

Figura 2 - Diagrama de tratamento de Água ETAR.

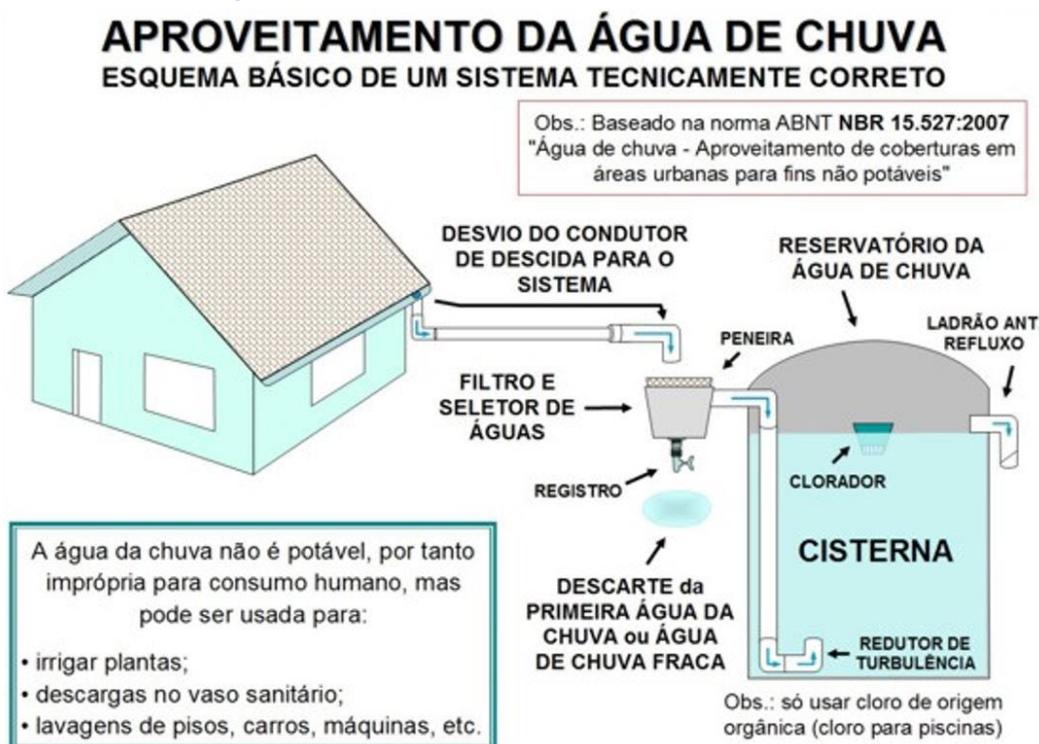


Fonte: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2014/146/>

A figura 2 nos mostra todas as fases, desenvolvido no texto acima sobre a ETAR.

## APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DE BAIXO CUSTO PARA RESIDÊNCIAS URBANAS

Figura 3 - Projetos experimentais de baixo custo.



Fonte: <https://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>, (2024)

**IMPORTANTE** - Como essa água será só para fins não potáveis (conforme Figura 3 , a captação de água da chuva), aconselhamos usar apenas o cloro de origem orgânica (cloro usado em piscinas) para evitar qualquer tipo de proliferação de bactérias, germes, vírus, etc. Solicite ao fabricante ou revendedor, mais informações sobre os cuidados e manuseios com esse cloro.

A superfície do nosso planeta é composta por 70% de água. Essa água tem um ciclo natural, que começa com sua evaporação, formando as nuvens que depois vão retornar para a terra através das chuvas. Porém, de toda água existente no planeta, 97,5% estão nos oceanos e dos 2,5% restantes, 1,5% estão nos polos (geleiras e icebergs), ficando apenas 1% disponível para nosso consumo, sendo que a maior parte esta em leitos subterrâneos, atmosfera, plantas e animais. Atualmente usamos para nosso consumo as águas de nascentes, lagos, rios e extrações de leitos subterrâneos, os aquíferos.

Com a poluição cada vez maior do ar, da terra, das nascentes, dos lagos, dos rios e dos oceanos, essas águas estão ficando contaminadas, exigindo uma enorme preocupação para sua preservação, pois sem água natural a vida como conhecemos não tem como existir.

De nossa parte, os consumidores, o melhor que podemos fazer é economizar ao máximo, evitando que mais e mais águas sejam retiradas da natureza para nosso consumo. Veja a seguir algumas dicas para diminuir esse consumo.

Formas simples para economizar água potável:

- Fechar a torneira enquanto escovar os dentes, fazer a barba, ensaboar a louça, etc.;
- Não usar mangueira para lavar pisos, calçadas, automóveis etc.;
- Trocar as válvulas hidro assistidas de descargas por caixas acopladas ao vaso sanitário com limitador(es) de volume(s) por descarga;
- Diminuir o tempo no banho, e ajustar o fluxo da água;
- Procurar usar a máquina de lavar roupas apenas quando tiver uma quantidade de roupas (suja) suficiente para usar o volume máximo da máquina;
- Se tiver que lavar mais de uma leva de roupas, e se a máquina permitir, antes da máquina jogar fora a água do enxágue, dê uma pausa, tire a roupa limpa, coloque a segunda leva de roupas sujas e reinicie o trabalho da máquina. Depois quando a máquina for centrifugar, dê uma pausa e junte as roupas da primeira leva para centrifugar tudo junto. Assim você economiza um tanque de água;
- Reuso da água originada do enxágue da máquina de lavar roupas para lavar o chão do quintal;
- Reduzir a vazão de água do seu chuveiro ou ducha (Um chuveiro normal gasta em média 3,5 litros por minuto);
- Reduzir ou eliminar o consumo de carne (segundo o conceito de água virtual que leva em consideração toda a água usada para fabricar um produto industrial

ou um alimento, uma dieta básica com carne consome cerca de 4.000 litros de água virtual por dia, enquanto a dieta vegetariana requer em torno de 1.500 litros).

Uma outra forma de economizar água é fazer o Aproveitamento de Água da Chuva, e para isso você pode construir e instalar um sistema usando a tecnologia da Mini cisterna, que foi criada e desenvolvida baseada na norma ABNT NBR 15.527:2007 “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”.

Os principais objetivos do Aproveitamento de Água da Chuva são:

- Incentivar a população a fazer o aproveitamento correto da água de chuva;
- Fazer com que toda casa urbana tenha pelo menos um sistema simples de Aproveitamento da Água de Chuva;
- Minimizar o escoamento do alto volume de água nas redes pluviais durante as chuvas fortes;
- Usar a água para irrigações nos jardins e lavagens de pisos externos. Assim, essa água vai infiltrar na terra e ir para o lençol freático, preservando o seu ciclo natural;
- Usar a água para lavagens de pisos, carros, máquinas e nas descargas no vaso sanitário.

Antes de iniciar a construção de um sistema de Aproveitamento da Água de Chuva, conheça um pouco mais sobre as chuvas que caem em sua região, e os princípios e componentes básicos de um sistema de Aproveitamento da Água de Chuva.

## Índice Pluviométricos da Cidade de Santo André

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, enviou em 2013 para Santo André 18 pluviômetros automáticos. **Os equipamentos foram instalados em áreas e prédios públicos municipais para medirem as chuvas em toda extensão do município.**

Os dados obtidos através destes equipamentos podem ser acessados através de um Mapa Interativo. **Por este canal, é possível observar o quanto chove na cidade em cada canto do país em tempo real**, além da água acumulada nas últimas 24 horas e nos últimos sete dias.

### Como se mede uma chuva?

O índice pluviométrico refere-se à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e em determinado período. O índice é calculado em milímetros. Se dissermos, por exemplo, que o índice pluviométrico de um dia, em um certo local, foi de 2mm, significa que, se tivéssemos nesse local uma caixa aberta, com 1 metro quadrado de base, o nível da água dentro dela teria atingido 2 mm de altura naquele dia.

### Como é classificada a intensidade da chuva?

- **Chuva fraca:** de 0,1 a 10 mm/h
- **Fraco-moderada:** de 10 a 20 mm/h
- **Moderada:** de 20 a 30 mm/h
- **Moderada-forte:** 30 a 40 mm/h
- **Forte:** acima de 40 mm/h

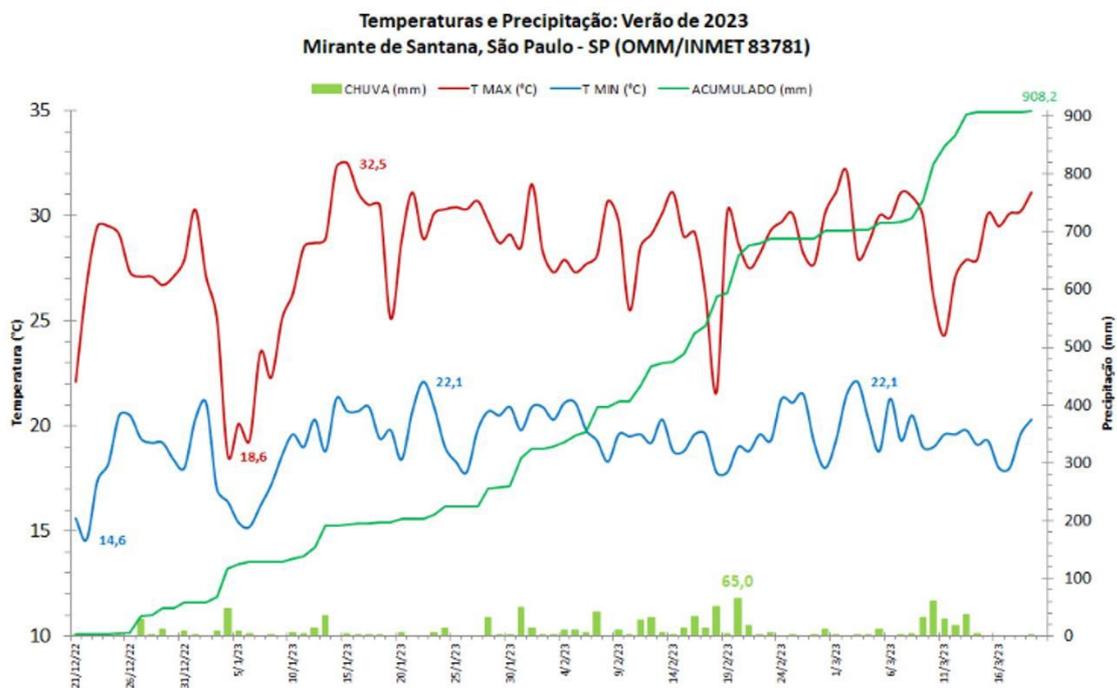
**Verão 2022/2023: São Paulo (SP) teve chuvas acima média neste verão**  
**A capital paulista acumulou 908,2 mm durante a estação.**

A cidade de São Paulo (SP) registrou 57 dias com chuva acima ou igual a 1 milímetro (mm) durante o verão deste ano (até o dia 20/03), conforme o gráfico 1. Neste período, a capital paulista acumulou 908,2 mm, valor 14% acima da média histórica sazonal (1991 a 2020), que é de cerca de 799,2 mm.

Já a média das temperaturas mínimas foi de 19,3°C, valor muito próximo da média histórica, que é de 19,4°C, contudo foi menor que a do verão passado, de 19,6°C.

A média das temperaturas máximas ficou em 28,2°C, valor ligeiramente abaixo da climatologia de referência (1991-2020), de 28,7°C, porém, configurando-se em 0,8°C a menos do que o registro do verão anterior.

**Gráfico 1 - Inmetro, temperatura e precipitação, verão de 2023.**



Fonte: <https://portal.inmet.gov.br/noticias> (acessado o site 01/05/2024)

## Sobre a Escolha do Tamanho da Cisterna para Residências Urbanas

A princípio, uma cisterna deve armazenar o máximo de água da chuva possível, portanto precisamos calcular qual é esse máximo e decidimos se compensa ou não o investimento. Para começar esse cálculo, é necessário ter uma média da quantidade de

chuva que costuma cair na região. Isso é possível conseguir em algum centro de pesquisa meteorológica. Em média, para a região da grande São Paulo, uma chuva “normal” é de 10mm a 20mm. Isso significa que você poderá coletar e armazenar de 10 a 20 litros por m<sup>2</sup> de telhado. Exemplo: seu telhado tem 25m<sup>2</sup>, então poderá coletar de 250 a 500 litros de água de chuva. Sendo assim, será necessário ter uma cisterna de no mínimo 500 litros. Mas, essa informação ainda é pouca para decidirmos o tamanho da cisterna.

Estudando por outro lado, precisamos saber quanto será o consumo diário dessa água (água de chuva) na residência; quanto vai gastar em lavagens de pisos, irrigações e nas descargas. Exemplo: se a demanda for de +/- 200 litros por dia, e se chover todos os dias, precisará de uma cisterna de +/- 200 litros. Agora, se a chuva cai de dez em dez dias, teoricamente precisará de uma cisterna de 2.000 litros. Mas com seu telhado de 25m<sup>2</sup> e os 20mm de chuva, você só vai captar os 500 litros de água da chuva. Portanto, teoricamente, segundo essas informações, não vai adiantar nada ter uma cisterna de 2.000 litros. Mas, haverá dias em que vai chover mais do que os 20mm, e haverá épocas que vai chover mais vezes durante os dez dias, assim como haverá épocas que chega a ficar mais de um mês sem chuva. Então, se tiver condições de ter uma cisterna de 2.000 litros ou ainda maior, será muito bom para armazenar o máximo de água das chuvas acima dos 20mm, das épocas com maior índice de chuvas e das raras chuvas que ultrapassam os 40mm, mas aí, os custos começam a ficar muito elevados, podendo não valer o investimento.

Um outro fator que influencia muito na hora da escolha da cisterna é o espaço disponível para a sua instalação. Em regra geral, uma cisterna deve ser instalada enterrada com apenas a tampa de inspeção para fora, ou em caso de construir a cisterna em alvenaria, deve ficar pelo menos 50cm acima do nível do piso; isso é importante para evitar que entre bichos ou que escorra água contaminada para dentro da cisterna, como por exemplo urina de cães ou gatos. Além desses detalhes, temos que prestar muita atenção se existe na casa o espaço físico (no quintal, garagem ou jardim) para instalar a cisterna, e temos que contabilizar a mão de obra e os carretos para a retirada de terra, que normalmente dobram de volume quando cavoucada.

Como pode ver, não é nada fácil dimensionar uma cisterna sem ter um grande conhecimento da região e das atividades da casa. Uma boa escolha é não desistir de fazer pelo menos um sistema relativamente simples (algo por volta de 200, 500 ou 1.000 litros) e se valer da água de chuva enquanto tiver água dentro dessa pequena cisterna; quando acabar, use a água normal da rede. Assim estará contribuindo com o meio ambiente, e terá o prazer de ser um indivíduo que estará colaborando com as gerações futuras.

Como normalmente em uma casa popular não temos espaço disponível, ou não compensa o investimento para instalar uma cisterna, vamos sugerir uma opção mais viável, que é a instalação de um ou mais reservatórios verticais, como por exemplo as bombonas (tambores) de 200 litros, facilmente encontradas em revendedores de bombonas (bombonas). Obs.: as bombonas que foram usadas para transporte de alimentos, podem servir e o preço será bem mais em conta. Essas bombonas ocupam menos de 1m<sup>2</sup>, e podem ser instaladas sobre uma base elevada para aproveitar a força da gravidade, eliminando o uso de bombas de água, normalmente elétricas.

## Captando e Armazenando a Água de Chuva

Segundo a NBR 10844, a área de captação ou contribuição são definidas como a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação. O telhado pode estar inclinado, pouco inclinado ou plano. Os materiais empregados na fabricação das telhas e telhados podem ser cerâmicas, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, plástico ou até mesmo concreto armado, revestimento asfáltico, .

A área de captação é fornecida em metros quadrados (m<sup>2</sup>) e é a projeção do telhado sobre o terreno. Para calculá-la considera-se a inclinação do telhado e, caso existam, considera-se também as superfícies das platibandas.

Instalação Prediais de Águas Pluviais: estabelece critérios relativos ao projeto das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

Instalação Predial de Água Fria: estabelece as exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água visando o bom desempenho das instalações e da garantia de potabilidade da água no caso de instalação de água potável. A NBR 10844 apresenta uma fórmula para cada tipo de telhado.

Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - requisitos para tubos e conexões: estabelece as condições exigíveis para tubos e conexões de PVC – série normal, reforçada e requisitos para a fabricação de tubos e conexões de PVC utilizados nos sistemas de esgoto sanitário, ventilação e água pluvial.

Para fazer a captação da água de chuva, podemos usar qualquer superfície que tenha como condensar o escoamento da água para uma vertente, como por exemplo os telhados das casas, lajes ou pátios construídos especialmente para esse fim, onde não terá tráfego de pessoas, animais ou automóveis.

Após escolher a área de captação, você terá que usar o seu olhar clínico e observar muito bem, tudo o que está acima e ao redor desta área. Podemos utilizar um telhado ou uma área de lavagem industrial para reaproveitamento de água para fins não potáveis.

### Com água em um reservatório vamos mostrar as fases do tratamento da água

O sistema separador de água e óleo conforme mostrado na figura 4 - Oil Less, é o equipamento desenvolvido para efetuar a adequação de efluentes contaminados por óleos e graxas previamente ao seu direcionamento.

Fabricado em polietileno, para evitar a formação de trincas e garantir maior vida útil aos seus componentes, é composta por módulos que otimizam o desempenho, facilitam a manutenção e garantem segurança ao processo de tratamento.

**Figura 4 - Sistema separador de água e óleo 5000 L/H.**

Fonte: <https://www.seuposto.com/sistema-separador-de-agua-e-oleo-5000-l>

Os modelos de caixa separadoras de água e óleo conforme mostrado na figura 5, que atendem de forma eficiente os diversos perfis de consumo, todas produzidas de acordo com normas, CONAMA 430, além de diversas exigências internacionais onde o equipamento é utilizado.

**Figura 5 - Separador de água e óleo.**

Fonte: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1625342762-caixa-separadora-agua-e-oleo-1500-lts-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1625342762-caixa-separadora-agua-e-oleo-1500-lts-_JM)

O **separador água óleo** conforme mostrado na figura 5: Neste equipamento a água é separada do óleo usando a força gravitacional, o óleo fica retido na superfície do separador e água escoa pela parte inferior, o óleo retido é drenado do separador de modo manual usando o skimmer. Dessa forma o óleo é direcionado para o módulo para a coleta de óleo (que fica ao lado do separador, enquanto isto a água é direcionada para o Módulo medidor de vazão e coleta de amostras).

### **Módulo medidor de vazão com coleta de amostras conforme figura 6**

Equipamento composto por um corpo principal dividido por um vertedouro que tem como objetivos, criar um ambiente propício para a coleta de amostras que permitam avaliar o desempenho do sistema separador de água e óleo, e também medir a vazão em que o sistema está operando durante o processo de coleta, de forma a validar a amostra.

O medidor de vazão da Zeppini Ecoflex conta com escala no interior do corpo e tabela na tampa do equipamento, para confirmação da vazão em que o sistema está operando durante a coleta de amostras. Além disso, permite a retirada de amostras sem o contato direto do frasco com o equipamento, eliminando a possibilidade de contaminação da amostra por impurezas que alterem o resultado da análise.

**Figura 6 - Módulo medidor de vazão com coleta de amostras.**

Fonte: <https://www.zeppini.com.br/site/pt/produto/24/modulo-medidor-de-vazao-com-coleta-de-amostras>

A BombUp 130 é uma estação elevatória de esgoto residencial conforme Figura 8 estação elevação fabricada em polietileno reforçado, o que confere resistência e alta proteção química à corrosão do esgoto sanitário. É equipada com 1 (uma) motobomba de alto rendimento, com gradeamento, controle de nível (chave-boia), válvulas anti-retorno, registros de esfera e acoplamentos de entrada e painel de comando inteligente com sistema de alarme luminoso.

O sistema de recalque de esgoto é necessário quando a rede coletora da concessionária estiver acima do ponto de geração de efluentes, ou, quando a cota da rede coletora de esgoto ficar acima da cota de saída do tubo de esgoto da residência.

Funcionamento: O efluente sanitário despejado na tubulação da rede coletora de esgoto passa por um sistema de gradeamento antes de entrar no tanque principal, para evitar entupimentos e demais problemas sistemáticos.

Após o gradeamento, o efluente fluirá para a BombUp 130 por gravidade onde o tubo receptor conduzirá para o reservatório, que será armazenado até chegar ao nível programado de acionado da motobomba. A motobomba irá succionar o efluente e impulsioná-lo para uma cota mais alta, através da tubulação de saída até o destino.

**Figura 8 - Estação elevação.**

Fonte: <https://loja.aguasclarasengenharia.com.br/estacoes-elevatorias-de-esgoto/estacoes-elevatorias-de-esgoto-residencial>

O tanque de equalização (conforme a figura 9) tem a função de manter a vazão contínua do fluxo de efluentes industriais, sanitários e tratamento de água bruta. A agitação uniforme reduz a necessidade de uso de produtos químicos para esses tratamentos.

O objetivo principal deste mecanismo é, portanto, estabilizar as variáveis operacionais, o que, por sua vez, otimiza o processo de tratamento como um todo. Imagine-o como um mediador que suaviza as arestas irregulares, tornando o caminho para o tratamento de água ou efluentes muito mais gerenciável.

**Figura 9 - Tanque de equalização**



Fonte: <https://mistura.ind.br/tanque-de-equalizacao/> (acessado 2024)

## Usos Urbanos

No setor urbano, o potencial de reuso de efluentes é muito amplo e diversificado. Entretanto, usos que demandam água com qualidade elevada, requerem sistemas de tratamento e de controle avançados, podendo levar a custos incompatíveis com os benefícios correspondentes. De uma maneira geral, esgotos tratados podem, no contexto urbano, ser utilizados para fins potáveis e não potáveis.

### Usos urbanos para Fins Potáveis

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reuso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes conurbações com polos industriais expressivos, classifica o reuso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários, levariam à inviabilidade econômico-financeira do abastecimento público, não havendo, ainda, face às considerações anteriormente efetuadas, garantia de proteção adequada da saúde pública dos consumidores.

Entretanto, caso seja imprescindível implementar reuso urbano para fins potáveis, devem ser obedecidos os seguintes critérios básicos:

### Utilizar Apenas Sistemas de Reuso Indireto

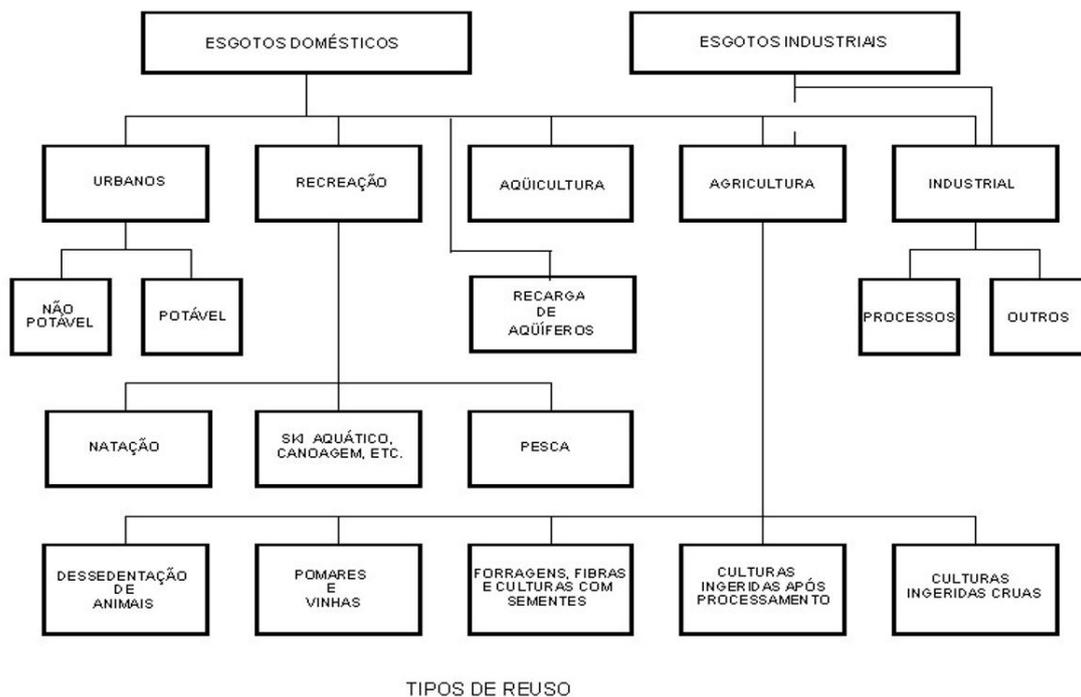
A Organização Mundial da Saúde não recomenda o reuso direto, visualizado como a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma estação

de tratamento de águas e, em seguida, ao sistema de distribuição.

Como reuso indireto, se compreende a diluição dos esgotos, após tratamento, em um corpo hídrico (lago, reservatório ou aquífero subterrâneo), no qual, após tempos de detenção relativamente longos, é efetuada a captação, seguida de tratamento adequado e posterior distribuição.

O conceito de reuso indireto implica, evidentemente, que o corpo receptor intermediário, seja um corpo hídrico não poluído, para, através de diluição adequada, reduzir a carga poluidora a níveis aceitáveis. A prática do reuso para fins potáveis, como efetuada em São Paulo, na qual a água do reservatório

**Figura 10 - Tipos de reuso.**



**Fonte: Formas potenciais de reuso de água**

Billings, poluída por efluentes domésticos e industriais é revertida, sem nenhum tratamento (conforme a figura 10), para o reservatório Guarapiranga, que também se encontra poluído por esgotos domésticos e por elevadas concentrações de cobre, utilizado para o controle de algas, não se classifica, portanto, como reuso indireto.

## Empregar Barreiras Múltiplas nos Sistemas de Tratamento

Os elevados riscos associados à utilização de esgotos, mesmo domésticos, para fins potáveis, exigem cuidados especiais para assegurar proteção efetiva e permanente dos consumidores. Os sistemas de tratamento a serem implementados, devem possuir unidades de tratamento suplementares, além daquelas teoricamente necessárias. Por exemplo, quando se visualiza a necessidade do emprego de ozona com o objetivo de efetuar a oxidação de micropoluentes orgânicos, pode-se, também, acrescentar sistemas de carvão ativado, que operariam como uma segunda barreira, para atingir o mesmo objetivo.

É recomendável, quando possível, reter os esgotos já tratados, em aquíferos subterrâneos, por períodos prolongados, antes de se encaminhar a água para abastecimento público.

No caso da República da Namíbia, antes referido, esgotos exclusivamente domésticos, coletados na cidade de Windhoek, são inicialmente tratados na Gammams Sewage Treatment Works, que consta de grades, caixas de areia, decantadores primários e sistema de lodos ativados, seguido de lagoas de maturação.

O efluente da estação de Gammams é encaminhado à Goreangab Reclamation Plant, para a fase de potabilização dos efluentes domésticos tratados. Esta estação consta de pré-ozonização, coagulação-floculação em primeiro estágio, flotação com ar dissolvido, adsorção em carvão ativado em pó, coagulação-floculação em segundo estágio, sedimentação, filtros rápidos de areia, ozonização, remoção de ar e reciclagem de ozona, adsorção em carvão ativado granular, cloração ao *breakpoint*, correção de pH com cal e armazenamento da água potável em lençol freático, por longos períodos, de onde é, posteriormente, removida através de poços de recuperação e introduzida no sistema de abastecimento público de Windhoek.

Esse sistema vem operando desde outubro de 1968, e os estudos epidemiológicos realizados até o presente, demonstraram que as doenças transmissíveis prevalentes no país (doenças diarreicas e Hepatite A) não são associadas à água reciclada, que abastece a cidade.

## Adquirir Aceitação Pública e Assumir as Responsabilidades pelo Empreendimento

Os programas de reuso para fins potáveis devem ser, desde a fase de planejamento, motivo de ampla divulgação e discussão com todos os setores da população concernente. Para a implementação, deve haver aceitação pública da proposta de reuso. Por outro lado, as responsabilidades técnica, financeira e moral, que cabem às entidades encarregadas do planejamento, implementação e gestão do sistema de reuso, devem ser explicitamente reconhecidas e assumidas.

## Usos Urbanos para Fins não Potáveis

Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reuso na área urbana. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte. Os maiores potenciais de reuso são os que empregam esgotos tratados para:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Controle de poeira em movimentos de terra, etc.;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;

- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus públicos.

Os problemas associados ao reuso urbano não potável são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais, para abastecimento público.

Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia, localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reuso urbano não potável. Entre esses, o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades. Em Fukuoka, uma cidade com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados em nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em segundo estágio), para uso em descarga de toaletes em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns usos industriais, tais como resfriamento e desodorização. Diversas outras cidades do Japão, entre as quais Ooita, Aomori e Tokio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis

## Usos Industriais

Os custos elevados da água industrial associados às demandas crescentes, têm levado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reuso e a considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de efluentes tratados, a preços inferiores aos da água potável dos sistemas públicos de abastecimento. A “água de utilidade” produzida através de tratamento de efluentes secundários e distribuída por adutoras que servem um agrupamento significativo de indústrias, constitui-se, atualmente, em um grande atrativo para abastecimento industrial a custos razoáveis. Em algumas áreas da região metropolitana de São Paulo, o custo da água posta à disposição da indústria está em torno de oito reais por metro cúbico, enquanto que a água de utilidades apresenta um custo marginal por metro cúbico pouco superior a quatro reais. Este custo varia, evidentemente, com as condições locais, tanto em termo dos níveis de tratamento adicionais necessários, como aqueles relativos aos sistemas de distribuição. A proximidade de estações de tratamento de esgotos às áreas de grande concentração industrial contribui para a viabilização de programas de reuso industrial, uma vez que permite adutoras e custos unitários de tratamento menores.

Os usos industriais que apresentam possibilidade de serem viabilizados em áreas de concentração industrial significativa são basicamente os seguintes:

- Torres de resfriamento como água de *make-up*;
- Caldeiras;

- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica;
- Processos industriais.

Dentro do critério de estabelecer prioridades para usos que já possuam demanda imediata e que não exijam níveis elevados de tratamento, é recomendável concentrar a fase inicial do programa de reuso industrial, em torres de resfriamento.

Esgotos domésticos tratados têm sido amplamente utilizados como água de resfriamento em sistemas com e sem recirculação. Os esgotos apresentam uma pequena desvantagem em relação às águas naturais, pelo fato de possuírem temperatura um pouco mais elevada. Em compensação, a oscilação de temperatura é muito menor nos esgotos domésticos do que em águas naturais.

Embora corresponda a apenas 17% da demanda de água não potável pelas indústrias, o uso de efluentes secundários tratados, em sistemas de refrigeração, tem a vantagem de requerer qualidade independentemente do tipo de indústria, e a de atender, ainda, a outros usos menos restritivos, tais como lavagem de pisos e equipamentos, e como água de processo em indústrias mecânicas e metalúrgicas. Além disso, a qualidade de água adequada para resfriamento de sistemas semiabertos, é compatível com outros usos urbanos, não potáveis, tais como irrigação de parques e jardins, lavagem de vias públicas, construção civil, formação de lagos para algumas modalidades de recreação e para efeitos paisagísticos. Os sistemas de tratamento para reuso em unidades de refrigeração semiabertos, por exemplo, são relativamente simples, devendo produzir efluentes capazes de evitar corrosão ou formação de depósitos, crescimento de microrganismos, formação excessiva de espuma e deslignificação de torres de resfriamento, construídas em madeira. Outras indústrias, que podem ser consideradas nas fases posteriores na implementação de um programa metropolitano de reuso, incluem água para produção de vapor, para lavagem de gases de chaminés, e para processos industriais específicos, tais como manufatura de papel e papelão, indústria têxtil, de material plástico e produtos químicos, petroquímicas, curtumes, construção civil, etc. Essas modalidades de reuso, envolvem sistemas de tratamento avançados e demandam, conseqüentemente, níveis de investimento elevados.

Reuso e conservação devem, também, ser estimulados nas próprias indústrias, através de utilização de processos industriais e de sistemas de lavagem com baixo consumo de água, assim como em estações de tratamento de água para abastecimento público, através da recuperação e reuso das águas de lavagem de filtros e de decantadores.

Na Região Metropolitana de São Paulo existe um grande potencial para uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos em operação, para fins industriais. A estação de tratamento de esgotos de Barueri poderia abastecer, com efluentes tratados, uma área industrial relativamente importante, distribuída em Barueri, Carapicuíba, Osasco, e o setor industrial, ao longo do Rio Cotia, nas imediações da rodovia Raposo Tavares. Da mesma maneira, a estação de Suzano poderia abastecer indústrias concentradas nas regiões de Poá, Suzano e, eventualmente, de Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reuso de recursos é uma prática fundamental para a sustentabilidade ambiental e o uso eficiente dos recursos naturais. No Brasil, há várias ações que podem ser desenvolvidas para promover o reuso em diversas áreas:

**Campanhas de conscientização:** Educar a população sobre a importância do reuso de recursos, seja água, materiais ou energia. Isso pode ser feito por meio de campanhas em mídias sociais, escolas, empresas e comunidades.

**Legislação e incentivos fiscais:** Estabelecer políticas públicas que promovam o reuso, como incentivos fiscais para empresas que adotem práticas de reuso e legislação que obrigue determinados setores a implementarem sistemas de reuso.

**Investimento em infraestrutura:** Desenvolver e implementar infraestrutura adequada para o reuso de água, como sistemas de tratamento de águas residuais para uso não potável em indústrias, agricultura e até mesmo em residências.

**Pesquisa e desenvolvimento:** Investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que facilitem o reuso de recursos, como novos métodos de tratamento de água, materiais biodegradáveis e processos de reciclagem mais eficientes.

**Incentivo à economia circular:** Promover a transição para uma economia circular, na qual os produtos e materiais são reutilizados, reparados e reciclados ao invés de descartados após o uso.

**Parcerias público-privadas:** Estimular parcerias entre o setor público e o privado para implementar projetos de reuso em larga escala, compartilhando recursos e conhecimentos para alcançar melhores resultados.

**Capacitação e treinamento:** Capacitar profissionais em práticas de reuso, como técnicos de tratamento de água, gestores ambientais e engenheiros, para garantir a eficiência e segurança das operações de reuso.

**Monitoramento e avaliação:** Estabelecer sistemas de monitoramento e avaliação para acompanhar o progresso das iniciativas de reuso e identificar áreas que necessitam de melhorias ou ajustes.

Essas ações podem ser implementadas em diferentes níveis - local, regional e nacional - e requerem o envolvimento e colaboração de diversos setores da sociedade, incluindo governo, empresas, academia e comunidades locais.

As **Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)** têm uma importância crucial no contexto do comércio e da indústria por vários motivos:

**Proteção ambiental:** As ETAR são essenciais para proteger o meio ambiente, especialmente corpos d'água como rios, lagos e oceanos, ao tratar as águas residuais antes de serem descartadas. Isso reduz significativamente a poluição hídrica e os impactos negativos na vida aquática e na qualidade da água.

**Conformidade legal:** A maioria dos países tem regulamentações rígidas sobre o tratamento de águas residuais, especialmente para indústrias e empreendimentos

comerciais. As ETAR garantem que as empresas estejam em conformidade com essas leis e normas ambientais, evitando multas e sanções legais.

**Uso eficiente dos recursos hídricos:** O tratamento de águas residuais em ETAR permite o reuso da água tratada para fins não potáveis, como irrigação, resfriamento industrial e até mesmo para limpeza. Isso contribui para a conservação dos recursos hídricos e reduz a demanda por água potável.

**Saúde pública:** O tratamento adequado das águas residuais em ETAR reduz os riscos à saúde pública, evitando a disseminação de doenças transmitidas pela água contaminada. Isso é especialmente importante em áreas urbanas densamente povoadas, onde a contaminação da água pode ter impactos graves na saúde da população.

**Sustentabilidade e imagem corporativa:** Empresas e empreendimentos comerciais que investem em sistemas de tratamento de águas residuais demonstram um compromisso com a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade social. Isso pode melhorar sua imagem corporativa e atrair consumidores e investidores conscientes.

**Redução de custos a longo prazo:** Embora o investimento inicial em uma ETAR possa ser significativo, a redução de custos a longo prazo é notável. O reuso da água tratada, a conformidade legal e a minimização de problemas relacionados à poluição podem resultar em economias substanciais ao longo do tempo.

As ETAR desempenham um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, conformidade legal, proteção ambiental, saúde pública e eficiência econômica no setor do comércio e da indústria.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 5680 – Dimensões de tubos de PVC rígido. 1977. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normastecnicas/27651/nbr5680-dimensoes-de-tubos-de-pvc-rigido>. Acesso em: 01 maio. 2024.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais. 1989. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalacoes-prediais-de-aguas-pluviais.pdf>. Acesso em: 01 maio. 2024.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 12217 – Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. 1994. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/59438147/NBR-12217-Projetos-de-reservatorio-de-distribuicao-de-agua-para-abastecimento-publico>. Acesso em: 01 maio. 2024.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 15527 – Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. 2007. Disponível em: <https://asisengenharia.com.br/index.php/2019/10/18/nbr-15527-2019-aproveitamento-de-agua-de-chuva-de-coberturas-para-fins-nao-potaveis/>. Acesso em: 01 maio. 2024.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 14605 – Sistemas de tubulação de plástico para instalações prediais de água quente e fria – Polipropileno (PP). 2023. Disponível em: <https://www.dinmedia.de/en/standard/abnt-nbr-14605-4/332142328>. Acesso em: 01 maio 2024.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 5626 – Instalações prediais de água fria. 1998. Disponível em: [https://www.academia.edu/44472402/ABNT\\_NBR\\_5626\\_1998\\_Instala%C3%A7%C3%B5es\\_prediais\\_de\\_%C3%A1gua\\_fria](https://www.academia.edu/44472402/ABNT_NBR_5626_1998_Instala%C3%A7%C3%B5es_prediais_de_%C3%A1gua_fria). Acesso em: 01 maio. 2024.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 5688 – Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – Requisitos. 1999. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/556/abnt-nbr5688-tubos-e-conexoes-de-pvc-u-para-sistemas-prediais-de-agua-pluvial-esgoto-sanitario-e-ventilacao-requisitos>. Acesso em: 01 maio. 2024.

APROVEITAMENTO de água de chuva e baixo custo para residências urbanas. Disponível em: <https://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>. Autor do site: Edison Urbano. Acesso em: 01 maio. 2024.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo; DOMÈNECH, Laia; PENA, João Luiz; HELLER, Léo; PALMIER, Luiz Rafael. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. Recebido: 06/01/12 - revisado: 16/04/12 - aceito: 26/09/13.

HESPANHOL, I. **Wastewater as a resource**. In: World Health Organization. *Water pollution control: a guide to the use of water quality management principles*. Geneva: UNEP, 1997

ÍNDICES pluviométricos da cidade de Santo André. Disponível em: <https://portais.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/indices-pluviometricos/>. Acesso em: 01 maio. 2024.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia** – Verão de 2022/2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ver%C3%A3o-2022-2023-s%C3%A3o-paulo-sp-teve-chuvas-acima-e-temperaturas-pr%C3%B3ximo-da-m%C3%A9dia-durante-esta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 01 maio. 2024.

INPE. **Instituto de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. Acesso em: 28 maio. 2024.

MOREIRA, Catarina. ETAR. **Revista Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, p. 146, 2014. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2014/146/>. DOI: <http://doi.org/10.24927/rce2014.146>. Acesso em: 01 maio. 2024.

ONU . **A água pode combater as mudanças climáticas?** Saiba o que diz a ONU. *National Geographic Brasil*. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/03/a-agua-pode-combater-as-mudancas-climaticas-saiba-o-que-diz-a-onu>. Acesso em: 01 maio. 2024.

TANQUE de equalização – **Mistura Equipamentos Hidráulicos**. Disponível em: <https://mistura.ind.br/tanque-de-equalizacao/>. Acesso em: 01 maio. 2024.

# Licenciamento de instalações de radioinspeção em segurança física: estudo dos requisitos necessários com intuito didático para o estudante de proteção radiológica

**Jonathan Lunz**

*Radiotecnólogo*

**Onani Borges**

*Radiotecnólogo*

**Juliana Oliveira**

*Radiotecnóloga, especialista em Proteção Radiológica*

**Alexandre Gomes**

*Físico e Radiotecnólogo, mestre em Biociências*

## RESUMO

A tecnologia de inspeção de segurança por raios X é amplamente reconhecida globalmente como uma ferramenta eficaz na detecção de armas, drogas, produtos falsificados e outros itens ilegais. Utilizada de forma não intrusiva em áreas como aeroportos, fronteiras e instalações industriais, essa tecnologia tem demonstrado um papel crucial na melhoria da segurança em locais de alto risco. No entanto, devido à emissão de radiação ionizante, é imprescindível que as instalações que empregam raios X estejam em conformidade com as normas estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Este estudo teve como objetivo principal simplificar os requisitos específicos para o licenciamento de instalações de radioinspeção de segurança física que utilizam raios X, com o intuito de facilitar o ensino para estudantes de Proteção Radiológica e profissionais do segmento. A metodologia incluiu uma pesquisa detalhada das normas vigentes na CNEN para identificar os elementos essenciais do processo de licenciamento. Como resultado, desenvolveu-se um fluxograma que sistematiza as etapas necessárias para obter os atos administrativos exigidos. Esse fluxograma foi transformado em um guia prático, apresentando um checklist detalhado dos requisitos fundamentais para o licenciamento. Em conclusão, o guia elaborado neste estudo representa uma contribuição significativa para a organização e eficiência do processo de licenciamento de instalações de radioinspeção de segurança física no Brasil. Seguir estritamente as diretrizes delineadas não apenas assegura o cumprimento das normas de segurança radiológica, mas também promove um ambiente operacional seguro e legalmente conforme às regulamentações vigentes.

**Palavras-chave:** radioinspeção; estudantes; proteção radiológica.



## ABSTRACT

X-ray security inspection technology is widely recognized globally as an effective tool in detecting weapons, drugs, counterfeit products and other illegal items. Used non-intrusively in areas such as airports, borders and industrial facilities, this technology has demonstrated a crucial role in improving security in high-risk locations. However, due to the emission of ionizing radiation, it is essential that installations that use X-rays comply with the standards established by the National Nuclear Energy Commission (CNEN). This study's main objective was to simplify the specific requirements for the licensing of physical security radioinspection facilities that use X-rays, with the aim of facilitating teaching for Radiological Protection students and professionals in the segment. The methodology included a detailed survey of current CNEN regulations to identify the essential elements of the licensing process. As a result, a flowchart was developed that systematizes the steps necessary to obtain the required administrative acts. This flowchart was transformed into a practical guide, presenting a detailed checklist of the fundamental requirements for licensing. In conclusion, the guide prepared in this study represents a significant contribution to the organization and efficiency of the licensing process for physical security radioinspection facilities in Brazil. Strictly following the outlined guidelines not only ensures compliance with radiological safety standards, but also promotes a safe operating environment that is legally compliant with current regulations.

**Keywords:** radio inspection; students; radiological protection.

## INTRODUÇÃO

A tecnologia de inspeção de segurança com o emprego de raios X estabeleceu-se mundialmente como uma ferramenta confiável e eficiente na detecção de armas, drogas, produtos falsificados e outros itens ilegais. Através da inspeção não intrusiva em correspondências, bagagens de mão e despachadas, contêineres, caminhões e veículos, foi possível, melhorar significativamente a segurança em locais críticos e sensíveis, tais como fronteiras, recintos alfandegados (aduanas), aeroportos, edifícios industriais e etc (EBCO Systems, 2024). Contudo, como há emissão de radiação ionizante, é necessário submeter-se às exigências de licenciamento da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a autarquia federal brasileira responsável (CNEN, 2024).

## OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi compreender o processo e gerar um guia que permita estabelecer de forma mais clara os requisitos específicos para o licenciamento de instalações que utilizam aparelhos de raios X na área de radioinspeção de segurança física, com o intuito de facilitar o ensino para estudantes de Proteção Radiológica e profissionais do segmento.

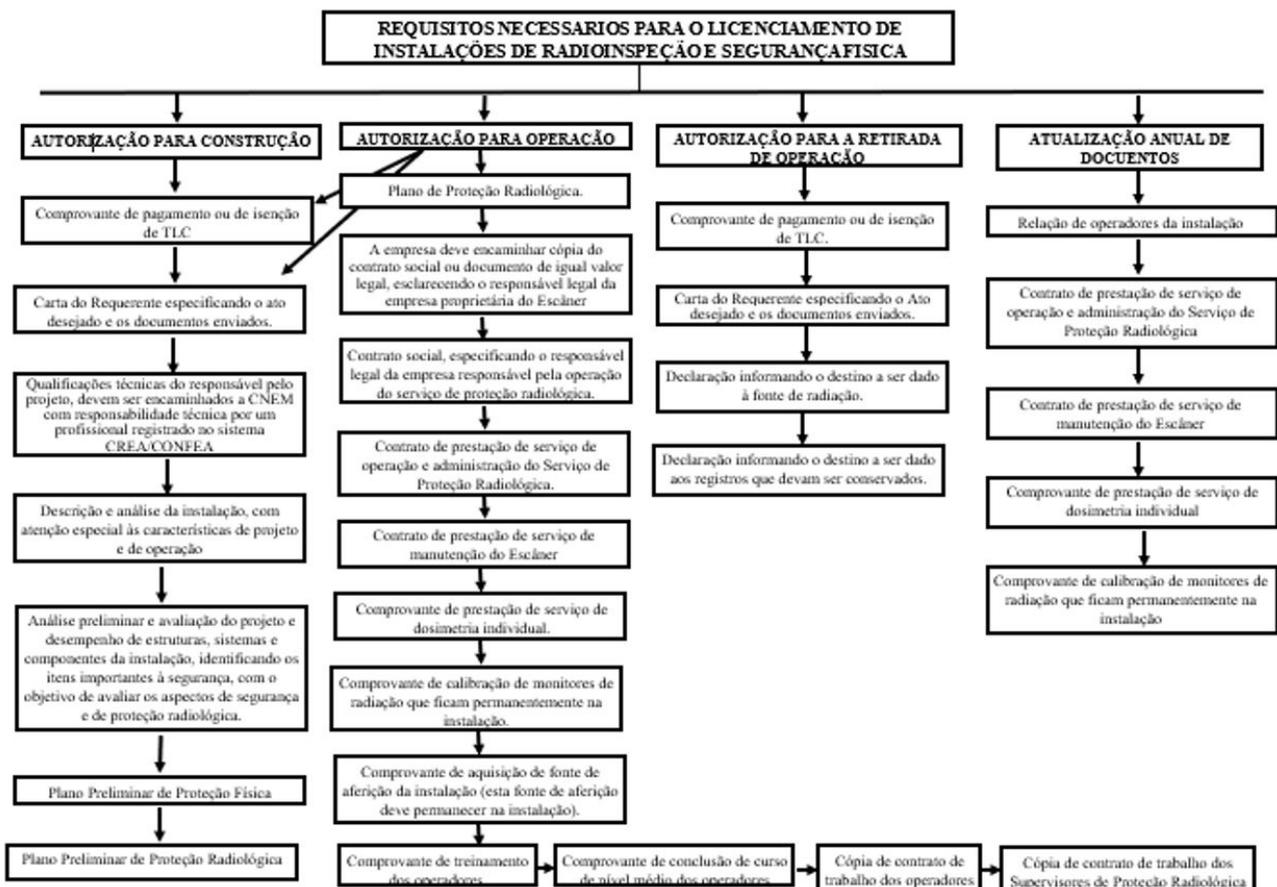
## METODOLOGIA

Como as exigências para o licenciamento de instalações que utilizam aparelhos de raios X na área de radioinspeção de segurança física estão distribuídas em longas e volumosas normas, relacionou-se de maneira simples os aspectos que devem ser avaliados durante o processo de licenciamento antes que seja emitido cada ato administrativo, assim como as recomendações necessárias para que se cumpra com cada requisito. Para tal, foi realizada uma pesquisa documental no acervo de normas vigente no órgão regulador, a CNEN.

## RESULTADOS

Com base nos requisitos necessários para o Licenciamento de Instalações de Radioinspeção de Segurança Física que devem ser avaliadas antes de qualquer ato administrativo, foi montado um fluxograma. O objetivo foi simplificar o entendimento do processo, dada a complexidade textual e estrutural das normas. O mesmo está representado na figura 1.

**Figura 1 - Fluxograma elaborado para organização das etapas do Licenciamento de Instalações de Radioinspeção de Segurança Física.**



Fonte: elaborado pelo autor.

De posse das informações simplificadas do fluxograma, foi possível conceber um guia impresso, com um “checklist” dos itens necessários para realização do licenciamento. Segue ilustrado nas figuras 2 e 3.

Figura 2 - Face exterior do guia de licenciamento em forma de panfleto.

A Norma da CNEN-NA-6.02 não descreve os parâmetros e critérios técnicos que devem ser observados e avaliados a partir da documentação apresentada pelo requerente para o licenciamento. Neste guia estão relacionados os aspectos que devem ser avaliados durante o processo de licenciamento antes que seja emitido cada ato administrativo, assim como as recomendações necessárias para que se cumpra com cada requisito.

Para obter o licenciamento desta tipo de instalação, os seguintes critérios devem ser atendidos:

- 1- O licenciamento deve ser individualizado pelos respectivos logradouros, e realizado em nome da pessoa jurídica proprietária do equipamento.
- 2- Cada Ato Administrativo deve ser solicitado através de uma Solicitação de Concessão de Registros e Autorizações (SCRA) disponível no site da CNEN na Internet.

À seguir, são descritos os requisitos mínimos necessários para que ocorra a concessão de cada Ato Administrativo.

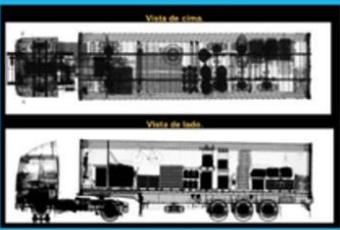
Este guia tem por objetivo estabelecer os requisitos específicos para o licenciamento de instalações que utilizam aparelhos de raios-x voltados para a área de radioinspeção e segurança física. Estão relacionados os aspectos que devem ser avaliados durante o processo de licenciamento antes que seja emitido cada ato administrativo, assim como as recomendações necessárias para que se cumpra com cada requisito.



## REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA O LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES DE RADIOINSPEÇÃO E SEGURANÇA FÍSICA



**Jonathan Lunz  
Onani Borges**

Fonte: adaptado pelo autor

Figura 3 - Face interna do guia de licenciamento em forma de panfleto.

AUTORIZAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO	AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO	ATUALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS
1-Comprovante de pagamento ou de isenção de TLC; <input type="checkbox"/> 2-Carta do Requerente especificando o Ato desejado e os documentos enviados; <input type="checkbox"/> 3-Qualificações técnicas do responsável pelo projeto descritivo dos itens importantes à segurança e pela construção, assim como a relação das normas técnicas e códigos a serem adotados. Adicionalmente, deve ser encaminhado à CNEN a anotação de responsabilidade técnica, por profissional registrado no sistema CREA/ CONFEA, que atribui a responsabilidade pela obra de infraestrutura ao profissional responsável; <input type="checkbox"/> 4-Descrição e análise da instalação, com atenção especial às características de projeto e de operação; <input type="checkbox"/> 5-Análise preliminar e avaliação do projeto e desempenho de estruturas, sistemas e componentes da instalação, identificando os itens importantes à segurança, com o objetivo de avaliar os aspectos de segurança e de proteção radiológica. <input type="checkbox"/> 6-Programa de garantia da qualidade do requerente e dos contratados principais, a ser aplicado às atividades de gerenciamento, projeto, fabricação, aquisição, construção civil e montagem eletromecânica de itens importantes à segurança da instalação; <input type="checkbox"/> 7-Planos preliminares para procedimentos em situações de emergência, que devem ser suficientes para assegurar a compatibilidade do futuro plano de emergência com as características do projeto da instalação <input type="checkbox"/> 8-Plano Preliminar de Proteção Física <input type="checkbox"/> 9-Plano Preliminar de Proteção Radiológica. <input type="checkbox"/>	1-Comprovante de pagamento ou de isenção de TLC; <input type="checkbox"/> 2-Carta do Requerente especificando o Ato desejado e os documentos enviados; <input type="checkbox"/> 3-Plano de Proteção Radiológica. <input type="checkbox"/> 4-Além do Plano de Proteção Radiológica, a instalação deve encaminhar cópia do contrato social ou documento de igual valor legal, especificando o responsável legal da empresa proprietária do Escâner; <input type="checkbox"/> 5-Contrato social ou documento de igual valor, especificando o responsável legal da empresa responsável pela operação e administração do serviço de proteção radiológica, caso aplicável. <input type="checkbox"/> 6-Contrato de prestação de serviço de operação e administração do serviço de proteção radiológica; <input type="checkbox"/> 7-Contrato de prestação de serviço de manutenção de Escâner; <input type="checkbox"/> 8-Comprovante de prestação do serviço de dosimetria individual; <input type="checkbox"/> 9-Comprovante de calibração de monitores de radiação que ficam permanentemente na instalação; <input type="checkbox"/> 10- Comprovante de aquisição de fonte de aferição da instalação (esta fonte de aferição deve permanecer na instalação); <input type="checkbox"/> 11- Comprovante de treinamento dos operadores; <input type="checkbox"/> 12- Comprovante de conclusão de curso de nível médio dos operadores; <input type="checkbox"/> 13- Cópia de contrato de trabalho dos operadores; <input type="checkbox"/> 14-Cópia de contrato de trabalho dos Supervisores de proteção Radiológica. <input type="checkbox"/>	O requerente deve enviar anualmente à CNEN os seguintes documentos e informações: <input type="checkbox"/> 1-Relação de operadores da instalação; <input type="checkbox"/> 2-Contrato de prestação de serviço de operação e administração do Serviço de Proteção Radiológica; <input type="checkbox"/> 3-Contrato de prestação de serviço de manutenção do Escâner; <input type="checkbox"/> 4-Comprovante de prestação de serviço de dosimetria individual; <input type="checkbox"/> 5-Comprovante de calibração de monitores de radiação que ficam permanentemente na instalação. <input type="checkbox"/>
		<h2 style="margin: 0;">AUTORIZAÇÃO PARA RETIRADA DE OPERAÇÃO</h2>
		1-Comprovante de pagamento ou de isenção de TLC; <input type="checkbox"/> 2-Carta do requerente especificando o Ato desejado e os documentos enviados; <input type="checkbox"/> 3-Declaração informando o destino a ser dado à fonte de radiação; <input type="checkbox"/> 4-Declaração informando o destino a ser dado aos registros que devem ser conservado <input type="checkbox"/>

Fonte: adaptado pelo autor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude do que foi mencionado conclui-se que, as pessoas jurídicas que desejarem operar com instalações radiativas precisam atender minimamente os requisitos técnicos estabelecidos neste fluxograma e deverão requerer, previamente ao início de suas atividades, os devidos atos administrativos e autorizações junto à CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). O guia gerado como produto deste trabalho poderá ser usado para organização de toda documentação com maior agilidade.

## REFERÊNCIA

CNEN. Comissão Nacional De Energia Nuclear. **Licenciamento de Instalações radiativas**. Rio de Janeiro, março, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-6/NormaCNENNN6.02.pdf>> Acesso em: 11 jun 2024.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Requisitos de Radioproteção e Segurança Radiológica no uso de Equipamentos de Inspeção Corporal**. Versão 2.0. Rio de Janeiro, outubro, 2023. Disponível em: <<https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-para-atendimento-de-Requisitos-de-Seguranca-e-Protecao-Radiologica-no-uso-de-Equipamentos-de-Inspecao-Corporal-Out-2023.pdf>> Acesso em: 10 jun 2024.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Guia para o licenciamento de instalações radiativas de Distribuição de Equipamentos da área de Segurança**. Versão 2.0. Rio de Janeiro, abril, 2021. Disponível em: <<https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-para-o-licenciamento-de-instalacoes-radiativas-de-Distribuicao-de-Equipamentos-da-area-de-Seguranca-v2.pdf>> Acesso em: 10 jun 2024.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Guia para o licenciamento de instalações radiativas de Inspeção de Bagagem e Contêineres do Subgrupo 7B**. Versão 2.0. Rio de Janeiro, setembro, 2023. Disponível em: <<https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-IBC-do-Subgrupo-7B-Set2023.pdf>> Acesso em: 10 jun 2024.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Guia para o licenciamento de instalações radiativas de Inspeção de Bagagem e Contêineres do Subgrupo 7C**. Versão 3.0. Rio de Janeiro, setembro, 2023. Disponível em: <<https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-IBC-do-Subgrupo-7C-Set2023.pdf>> Acesso em: 10 jun 2024.

EBCO SYSTEMS. **Inspeção de Segurança por raios X**. Disponível em: <<https://www.ebco.com.br/inspecao-de-seguranca.html>> Acesso em: 10 jun 2024.

## Gerenciamento e segurança no descarte de resíduos sólidos na construção civil

### *Management and safety in solid waste disposal in civil construction*

Ingrid de Holanda Busquet

#### RESUMO

A Construção civil é responsável pelo desenvolvimento socioeconômico do país e devido ao seu avanço, a produção de resíduos vem crescendo anualmente e com isso aumentando o impacto ambiental. Esta pesquisa visa apontar maneiras de organizar ações e soluções efetivas para os problemas de RCC'S e de RCD'S através de um planejamento eficaz e consciente, executando atividades que facilitem o processo de reutilização dos materiais gerados em uma edificação. O objetivo deste trabalho é demonstrar como realizar ações visando um procedimento adequado de coleta, transporte e a destinação final de RCC'S e RCD'S da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), localizada na cidade do Rio de Janeiro, ao decorrer de uma pesquisa exploratória, efetuada por uma pesquisa de campo, visitas técnicas e entrevistas de modo a apontar as soluções, benefícios econômico e social recomendado pelo CONAMA/02. O Estudo concluiu que estamos longe de alcançar as diretrizes propostas pelo CONAMA 2002 em todo o estado do Rio de Janeiro, porém, a FIOCRUZ vem fazendo um trabalho muito interessante pautado na transparência e responsabilidade tendo em suas dependências todo um espaço preparado para o recolhimento de todos os tipos de resíduos provenientes de RCC'S e RCD'S através de um projeto que encaminha todo o material que possa ser reutilizado para doação em postos de reciclagem ajudando famílias que dependem diretamente desse tipo de trabalho.

**Palavras-chave:** resíduos; construção civil; sustentabilidade; reciclagem; demolição; construção; engenharia.

#### ABSTRACT

Civil Construction is responsible for the socioeconomic development of the country and due to its progress, the production of waste is growing



annually and thus increasing the environmental impact. This research aims to identify ways to organize effective actions and solutions to the problems of RCC'S and RCD'S through an effective and conscious planning, carrying out activities that facilitate the process of reutilization of the materials generated in a building. The objective of this work is to demonstrate how to carry out actions aiming at an adequate procedure of collection, transportation and final destination of RCC'S and RCD'S of the Oswaldo Cruz Foundation (FIOCRUZ), located in the city of Rio de Janeiro, during exploratory research carried out by a field visits, technical visits and interviews in order to identify the solutions, economic and social benefits recommended by CONAMA / 02. The study concluded that we are far from reaching the guidelines proposed by CONAMA / 02 in the entire state of Rio de Janeiro, however, FIOCRUZ has been doing a very interesting work based on transparency and responsibility having in its premises a whole space prepared for the collection of all types of waste from RCC's and RCD's through a project that directs all the material that can be reused for donation at recycling stations helping families that depend directly on this type of work.

**Keywords:** waste; construction; sustainability; recycling; demolition; construction; engineering.

## INTRODUÇÃO

### Contextualização

A construção civil tem sido uma geradora de resíduos de nível considerável, atualmente, com modificações cada vez maiores e abrangendo cada vez mais áreas mudando drasticamente o ambiente natural destes locais. Uma das formas criadas para definir essa geração de resíduos foi a Resolução nº 307 do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), que visa “estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais” (CONAMA, Resolução nº 307, 2002).

De acordo com Nagalli (2014), com o decorrer da história houve o tratamento de resíduos de formas pontuais. No início do século XIX, na Europa, existem registros de que os entulhos de construções eram processados em escórias de alto-forno. É válido perceber que nessa época não havia segmento ambiental.

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil publicado pela a ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em 2016, 123.619 toneladas de Resíduos De Construção E Demolição (RDC) foram coletados diariamente. Esses resíduos são oriundos de construções, demolições ou de adequações de obras, além de escavações e preparação de campos para futuras construções (ABRALPE, 2016).

### Situação Problema

O crescimento desordenado e os locais inapropriados de descarte de resíduos têm sido um grande causador de poluição do meio ambiente. Expor a forma correta de descarte e tratamento dos materiais gerados na construção civil tem suma importância para impedir

que áreas venham a ser poluídas ou danificadas. O grande desafio, além da conscientização dos geradores de resíduos, é a implementação do tratamento e destinação, conforme legislações vigentes dos materiais sobressalentes que serão descartados, pois esses processos de tratamento geram custos, e embora haja a consciência de que é necessário este serviço não é executado, pois focam mais nos lucros do que nas responsabilidades sociais e ambientais. Quais seriam as melhores formas de segregação e armazenamento dos resíduos para a coleta correta de acordo com as normas vigentes?

## Hipóteses

Considera-se a hipótese de que quando uma gestão de resíduos é executada de uma forma correta, pode-se ter os seguintes benefícios:

- Exibição dos locais inapropriados e mais utilizados pelas construtoras para o descarte.
- Conscientizar os geradores de resíduos a fazer o descarte correto para minimizar os impactos ambientais.
- Destinação apropriada dos resíduos gerados na construção civil.
- Reciclagem dos resíduos originados na construção civil.
- Problemas ambientais gerados pelo descarte incorreto dos resíduos.
- Redução dos volumes dos resíduos gerados na construção civil para tornar a edificação mais econômica.

## Objetivo Geral

Apontar maneiras de descarte dos resíduos de uma construção civil indicando formas de reaproveitamento de maneira sustentável ao meio ambiente. Demonstrando as suas importâncias e informando seus benefícios.

## Objetivos Específicos

Em acréscimo ao gerenciamento e reaproveitamento dos resíduos gerados na construção civil foram analisados tais aspectos:

- a) Apresentar as etapas de um plano de gestão de resíduos de acordo com as normas e apresentar as legislações.
- b) Identificar as principais atividades da construção civil que geram maior número de resíduos.
- c) Apontar quais as formas de descarte mais utilizadas.

## Meios de Pesquisa

O tema foi elaborado por meio de pesquisas bibliográficas feitas a partir de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, monografias de pós-graduação, dissertações de mestrado, teses de doutorado, livros acadêmicos, normas brasileiras e normas

internacionais sobre o tema descrito. E pesquisa aplicada e qualitativa feita a partir de ações concretas para solucionar os problemas existentes dando ênfase em análises de suas particularidades.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Resíduos Sólidos e Resíduos de Construção Civil

#### Definições dos Resíduos Sólidos

Resíduo é um tema no qual tem sido levado bem mais em consideração nos últimos tempos, comparado aos últimos séculos, onde a com os impactos ambientais tem aparecido mais intensamente. Devido ao crescimento populacional e ao aumento de consumo foi necessário repensar a importância de implementação de práticas de preservação do meio ambiente. A implementação de uma gestão de resíduos sólidos tem sido de extrema necessidade no intuito de diminuir o volume de resíduos sem destinação lançados no meio ambiente.

Na Lei Federal 12.305 de 2010 pode-se ver uma definição do que são os Resíduos Sólidos:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

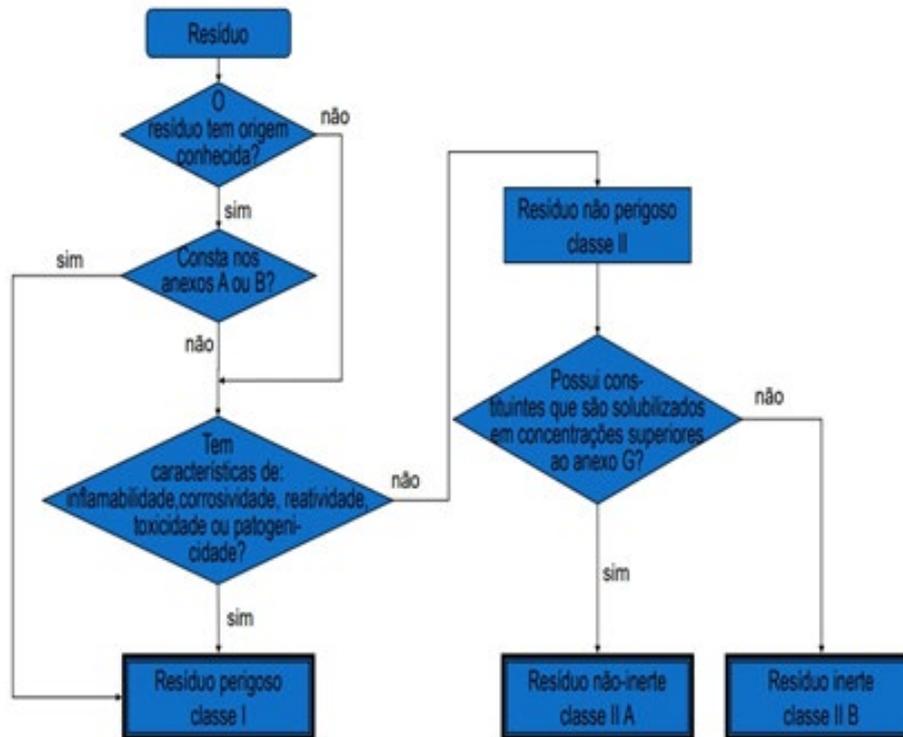
#### Classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com a **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010 sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos**:

- Resíduos Domiciliares são aqueles provenientes de procedimentos domésticos;
- Resíduos de limpeza urbana provenientes de limpeza de ruas e vias públicas;
- Resíduos gerados a partir de atividades comerciais;
- Resíduos de saneamento e serviços públicos;
- Resíduos provenientes de atividades de processos e instalações industriais;
- Resíduos provenientes de atividades de serviços de saúde;
- Resíduos gerados através de reformas, manutenções, obras e reparos;
- Resíduos provenientes de serviços agropecuários e os insumos destes serviços;
- Resíduos gerados pelos serviços de extração e estudos sobre os minérios;
- Resíduos Perigosos, aqueles que podem ser inflamável, corrosível, tóxicos, patogênicos, ou que possam trazer riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

A figura 1 exibe através do Fluxograma, como caracterizar os Resíduos Sólidos de acordo com sua classificação correta.

**Figura 1 - Caracterização e Classificação de Resíduos Sólidos.**



Fonte: ABETRE, 2018.

## Resíduos de Construção Civil

É necessário estudar sobre resíduos de construção civil e buscar formas de reduzir ou acabar com a geração de resíduos e entulhos devido aos grandes impactos que os mesmos causam. Com a implementação e regularização das diretrizes para esses resíduos espera-se que haja a diminuição do lançamento dos mesmos em áreas indevidas.

De acordo com a Resolução 307, do Conama, 2002, os resíduos de construção civil são os resíduos gerados a partir de obras, manutenções, reformas, construções, demolições, serviços de terraplanagem e de materiais que sobram desses serviços. Os geradores são os responsáveis por serviços e atividades que geram os resíduos de construção civil.

Chamado de Gerenciamento de resíduos é o sistema de planejamento, procedimentos e práticas em que busca diminuir, reutilizar ou reciclar os resíduos. Segue abaixo uma listagem das leis e normas relacionadas ao transporte, classificação e destinação dos Resíduos Sólidos e Resíduos de Construção Civil e Demolições:

- Resolução CONAMA nº 431 de 2011 (altera o art. 3º da Resolução nº 307 no que tange a classificação do gesso)
- Resolução CONAMA nº 307 de 2002 (diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil).
- NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

- NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projetos, implantação e operação;
- NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros: Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15112 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

## Classificação dos Resíduos de Construção Civil

Segundo a Resolução do Conama 307 (2002), os Resíduos de Construção Civil podem ser classificados das seguintes formas:

- Resíduos de Classe A – São aqueles que podem ser reutilizados na própria obra, ou se não puderem ser utilizados podem ser enviados para aterros com fim específico desses materiais para reutilização ou reciclagens futuras.

Exemplos: Cerâmicas, tijolos, argamassas, telhas, concretos, solos.

- Resíduos de Classe B – São aqueles que podem ser reutilizados ou reciclados em outros fins.

Exemplos: Plásticos, papéis, papelões, vidros, metais, madeiras.

- Resíduos de Classe C – São aqueles resíduos no qual não podem ser reutilizados ou reciclados, devido ao fato de não haver técnicas para esse processo de reaproveitamento. Esses materiais devem ser vistos com atenção especial, para que não haja desperdício desses materiais. Esses resíduos devem ser encaminhados para aterros específicos e preparados para esses resíduos.

Exemplos: Qualquer resíduo que não se encaixe na classificação D.

- Resíduos de Classe D – Resíduos perigosos, onde podem causar danos ao meio ambiente, seres humanos ou animais.

Exemplos: Solventes, materiais que possuam amianto, vernizes, tintas, materiais A, B ou C contaminados.

São quatro classes de resíduos existentes, como apresenta a figura 2.

**Figura 2 - Tipos de Resíduos da Construção Civil.**

Fonte: Residual, 2018.

No plano de Gerenciamento de Resíduos do Município de Curitiba, novembro de 2004 há algumas vantagens na separação dos resíduos onde diz que é de suma importância a separação dos resíduos, pois facilita a remoção e o encaminhamento correto de cada resíduo de acordo com sua destinação. Com isto temos a garantia da qualidade destes materiais e reduz o valor de beneficiamento. Os custos de remoção diminuem. A separação também facilita a reutilização destes materiais na própria obra e para coleta de informal e municipal de reciclagem, facilita a identificação de pontos de desperdício e também mantém o canteiro de obras organizado.

## Geração e Composição dos Resíduos de Construção Civil

### Geração dos Resíduos de Construção e Demolição

De acordo com Pinto (1999) e John (2000), os RCD's representam por volta de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos gerados em grande maioria dos países no mundo. No Brasil, a geração de resíduos possui uma alta taxa, cerca de 50% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA). O setor da construção civil é um dos maiores consumidores de matéria-prima natural. Com o aumento da intensidade das suas atividades, o setor se torna cada vez mais um gerador de resíduos em potencial. O aumento populacional e a expansão das cidades refletem no intenso aumento de produção. A preocupação com disposições irregulares dos resíduos, aterros clandestinos e com o impacto ambiental que esse alto índice de produção poderia causar no meio ambiente ocasionou em medidas governamentais.

Em 2002, com a aprovação da resolução 307, ficaram estabelecidos critérios e procedimentos para a gestão de RCD no Brasil (COMANA, 2002). Segundo Pinto (2005), a resolução foi implementada para atribuir responsabilidades tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada.

## Composição dos Resíduos de Construção e Demolição

Atualmente, os resíduos da construção civil e demolição são responsáveis pelo esgotamento das áreas de aterros nas cidades de médio e grande porte, pois correspondem a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos (RSU). São os grandes responsáveis pelos altos custos socioeconômicos e ambientais em função de sua disposição irregular (Ângulo *et al.*, 2003).

Pela resolução do CONAMA 307, de 5 de julho de 2002, todo resíduo de construção e demolição deve ser classificado de acordo com sua composição em quatro classes diferentes: A, B, C e D. Foi a primeira resolução implementada possuindo esse tipo de resíduo como objetivo. Os RCD não podem ser armazenados todos juntos. É preciso fazer a segregação, isto é, a triagem e separação de acordo com a classe do resíduo.

De acordo com as leis que regem as classes de RCD, há a necessidade de segregá-los ainda no canteiro de obras e identificar quais classes podem ser reaproveitadas e recicladas.

Todos os resíduos de Classe A devem ser colocados em baias ou em caçambas em local de fácil retirada no pavimento inferior da obra, podem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. Os AR (agregados reciclados) são todos os resíduos reciclados reutilizados na obra.

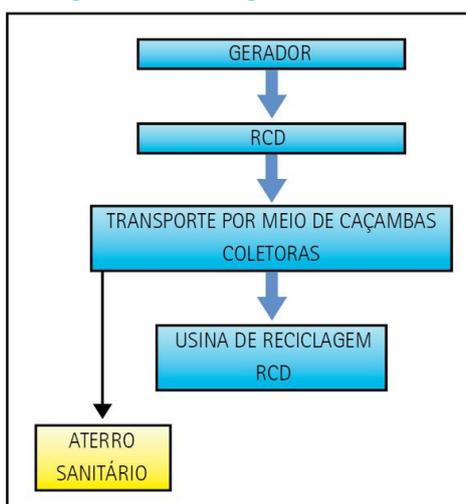
Os resíduos de Classe B são mais frágeis, por isso devem ser dispostos em caixas grandes e ficar abrigados em locais com cobertura e de fácil retirada para a caçamba no pavimento inferior da obra. Podem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Os resíduos de Classe C não possuem tecnologia de reciclagem ou utilizações economicamente viáveis para reutilização e/ou reciclagem. Os resíduos que são oriundos do gesso devem ficar separados de todos os outros e devem ser armazenados em tambores ou sacos. Precisam ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

E os resíduos de Classe D devem ficar em sacos e contêineres, e também devem ficar separados dos outros resíduos. São resíduos considerados perigosos, por esse motivo precisam ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas com muita cautela.

É exemplificado na figura 3 o caminho percorrido pelo RCD até o seu destino final, que poderá ser o aterro sanitário ou a usina de reciclagem.

Figura 3 - Fluxograma do RCD.



Fonte: FUCAPI, 2009.

De acordo com Nunes e Mahler (2006) a maioria dos resíduos de construção e demolição são resíduos inertes, de baixa periculosidade, sendo seu impacto ambiental causado por seu grande volume gerado por sua disposição em locais que não são adequados. Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004a), os resíduos inertes, não são solúveis e inflamáveis, não sofrem qualquer tipo de reação física ou química, nem afetam negativamente outras substâncias e podem ser dispostos em aterros ou reciclados.

No Brasil, o arquiteto Tarcísio de Paula Pinto, em 1986, apresentou o primeiro estudo sobre a utilização de resíduos de construção e demolição. Seu estudo visava ao uso do agregado reciclado na produção de argamassas (Pinto, 1986). Os resíduos pertencentes à Classe A representado pelo concreto e pela argamassa estão em maior quantidade na produção de resíduos atuais.

A Classe A gera metade dos resíduos de construção, sendo uma produção significativa comparada às demais classes que possuem porcentagens muito menores de geração. O consumo brasileiro da Classe A, determina uma geração de matéria-prima abundante de agregados miúdos e graúdos.

No Brasil e no exterior o uso de RCD reciclado em atividades de pavimentação é comum por ser uma reciclagem de baixo valor. Segundo Ângulo (2005) a composição da fração mineral do RCD é uma mistura de componentes construtivos como concretos, argamassas, cerâmicas, rochas naturais, entre outros, que são fundamentais para atingir a reciclagem massiva já que essa fração é absorvida integralmente no mercado de agregados para uso de concreto e argamassa. O uso dos produtos reciclados é versátil e sua utilização é ampla como consta na tabela 8.

**Tabela 1 - Características e Utilizações de RCD.**

Produto	Características	Uso recomendado
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contra pisos, solocimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: Campus da Unesp em Ilha Solteira-SP, 2018.

## Reutilização dos Resíduos de Construção Civil

### Reutilização e Reciclagem

Para Pinto (2000) a reciclagem pode ser feita nos próprios canteiros de obras através de equipamentos simples. Podem ser usados alguns tipos de equipamentos como a masseira-moinho, o britador de mandíbulas, o moinho de martelos e o moedor de caliça ou até mesmo equipamentos maiores. Alguns cuidados precisam ser tomados durante o processo, como a pré-umidificação dos resíduos para impedir a elevação de partículas indesejáveis evitando a introdução de partículas estranhas à fração mineral, o cuidado evita que partículas grandes de metal e de madeira possam danificar os equipamentos. O uso de agregados reciclados deve ser feito de forma cautelosa permitindo aos funcionários adquirir conhecimento e cautela orientando da necessidade de umedecer os agregados antes da junção do aglomerante para que a hidratação não seja prejudicada pela alta capacidade de absorção dos agregados reciclados. Sendo assim, os agregados miúdos e graúdos provenientes da reciclagem poderão ter um destino muito mais útil do que o descarte.

De acordo com Vázquez (2001), o processo de reciclagem é executado de forma evolutiva: primária, secundária e terciária. A reciclagem primária é a que utiliza o produto original no próprio local da construção, a reciclagem secundária é a que introduz o material novamente no ciclo de utilização com outra finalidade, e a reciclagem terciária é a que efetua a decomposição do material original para se gerar um novo material. Sendo a reciclagem primária a mais adequada, pois auxilia na redução do consumo das matérias-primas não renováveis consumidas na obra.

Basicamente a reciclagem de RCD é composta por quatro etapas: a primeira etapa é a classificação dos resíduos, a segunda etapa é a segregação desses resíduos, a terceira etapa é a britagem e a quarta etapa o peneiramento.

De acordo com Leite (2001), o país deu início as suas atividades de reciclagem na cidade de São Paulo no ano de 2001, segundo Nunes (2004), as usinas pioneiras se instalaram nas regiões de maior crescimento imobiliário.

Atualmente, é crescente a conscientização da importância das usinas de reciclagem de RCD. A expansão e implementação de novas usinas tem sido explorada com sucesso, porém ainda há no país uma necessidade de melhoria no setor. As usinas nacionais de reciclagem de RCD são compostas por operações de cominuição (fragmentação) e de separação. Existem três tipos de britadores utilizados nas usinas de reciclagem no Brasil: o britador de impacto, o britador de mandíbula e o moinho.

Aproximadamente 90% dos municípios brasileiros possuem menos de 20.000 habitantes (IBGE, 2010), nos quais uma grande parcela de RCD não está sendo devidamente gerenciada dentro do que preconiza a resolução CONAMA 307 (CONAMA, 2002). Conhecer e diagnosticar os resíduos gerados possibilitará o melhor encaminhamento para um plano de gestão e gerenciamento satisfatório

Algumas medidas precisam ser estudadas pelas empresas da construção civil, como por exemplo, triagem no canteiro de obras, o uso de transportadoras cadastradas e o uso de área de manejo e reciclagem licenciada. É necessária a conscientização dos empresários e profissionais da área para conciliar as exigências de obra com a questão ambiental. A reutilização dos materiais da própria obra e a reciclagem dos demais materiais tem se tornado uma opção viável para diminuir a geração de resíduos de uma obra, como é demonstrado na figura 4.



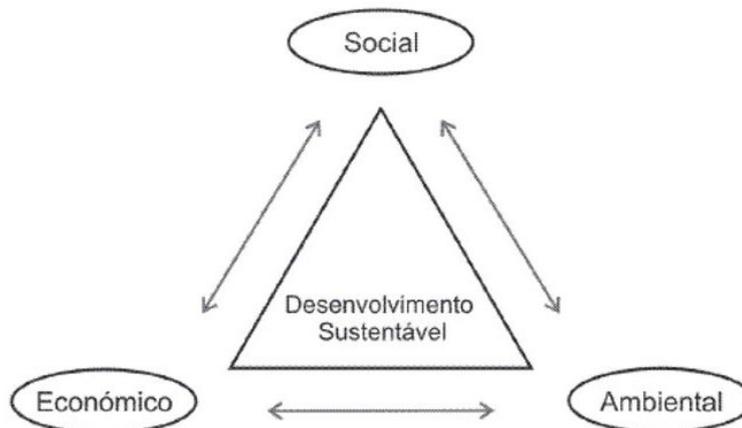
Fonte: Serviço de tratamento de resíduos municipais de Granada-ES, 2018.

O setor precisa investir em tecnologias e qualificações para aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios com o intuito de reduzir os gastos. É importante salientar que o fator mais importante para a gestão dos resíduos ser bem-sucedido é a ênfase na diminuição da sua geração.

## Sustentabilidade

Foi criado no Brasil em 2007 o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), com intenção de utilizar práticas sustentáveis na área da construção Civil, garantindo qualidade de vida para trabalhadores, usuários e ao meio ambiente (LIMA, 2013). A sustentabilidade está ligada a muitas questões importantes, para que o desenvolvimento sustentável seja colocado em prática é necessário obter o equilíbrio entre os fatores sociais, econômicos e ambientais, como é exemplificado na figura 5.

**Figura 5 - Tripé da Sustentabilidade.**



Fonte: Pereira, 2009.

Segundo Pardini (2009), a questão social se relaciona ao grau de pobreza e educação da sociedade e também suas condições de trabalho e moradia, a questão econômica

se relaciona a geração e distribuição de renda no local e seu nível de desenvolvimento industrial, e a questão ambiental se estende às políticas e práticas de proteção ao meio ambiente na região. As três questões precisam estar em harmonia entre si para que o desenvolvimento sustentável de uma região obtenha sucesso e crescimento.

O problema ambiental abrange inúmeras áreas, a importância de uma educação ambiental é essencial para que haja a redução da problemática. De acordo com o MMA (2018), a prática da política dos cinco R's deve ser influenciada, já que prioriza a redução de consumo e o reaproveitamento dos materiais em relação à sua própria reciclagem. Os cinco R's tem como objetivo uma mudança de hábitos no cotidiano da sociedade para evitar o consumo excessivo e o desperdício. São representados pelas seguintes ações.

- Reduzir
- Repensar
- Reaproveitar
- Reciclar
- Recusar consumir produtos que gerem impactos socioambientais

A construção civil é considerada a maior geradora de resíduos sólidos urbanos (RSU) e causa a extração de uma grande quantidade de recursos naturais, por esse motivo a redução do consumo de RCD influencia na redução de vários setores. A redução da extração de recursos naturais gera uma redução dos resíduos nos aterros e por consequência gera uma redução nos gastos do poder público com o tratamento de lixo. Há a necessidade de expansão no mercado para os produtos que fazem parte do processo de reciclagem. Segregar sem mercado é enterrar separado (IPT & CEMPRE, 1995).

## Coleta e Transporte dos Resíduos de Construção Civil

### Transportadoras de RCD

O transporte de resíduos sólidos da construção civil quando feita de maneira correta ocasiona uma economia para o estado, pois ela está diretamente ligada a saúde da população. O descarte quando é feito de maneira imprópria pode gerar uma série de problemas para a população como doenças, acidentes e poluição.

Todos os dias são erguidos e reformados milhares de edificações pelo país, com isso a construção civil gera anualmente uma vasta quantidade de resíduos. Ao realizar uma obra ou reforma, sempre devemos levar em consideração os detritos que ela irá gerar e como será feita a sua coleta. Para isso toda empresa deve se atentar a norma do CONAMA 307 - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002 que estabelece diretrizes para o manejo de resíduos gerados na construção civil.

Coletar os Resíduos de demolição tem como finalidade manter o equilíbrio do meio ambiente garantindo boa qualidade de vida aos seres vivos, seguindo as normas de coleta e transporte dos resíduos buscando diminuir o volume dos RCD's no meio em que vivemos de forma incorreta e diminuir os impactos ambientais e a sociedade.

Quem gera, transporta e faz a destinação final também é responsável por garantir que o descarte será feito em um local apropriado, e o poder público tem o dever de fiscalizar e a missão de multar quem despeja os RCC's em locais não apropriados. As transportadoras deveram ter em seu banco de dados registros de toda a movimentação do controle de transporte de resíduos (CTR). Todo RCC que tenha passado por vários tipos de reaproveitamento no Canteiro de obras até seu esgotamento final deverá ter um destino apropriado. O transporte final de resíduos como, concreto, madeira, tijolo, metal, gesso, argamassa, entre outros, são feitos por caminhões de carga. O motorista deverá ter todos os documentos CTR's devidamente assinados para evitar apreensão do veículo.

### **Transporte Interno de Resíduos na Construção**

Em cada construção deve se ter um operário responsável por coletar os resíduos gerados pela edificação, ficando encarregado de fazer o transporte interno de todo o detrito gerado na construção. A missão do funcionário é de limpar ou substituir os sacos de rafia por sacos limpos quando o mesmo se encontra cheios, podendo também ser colocado em uma caçamba para que seja levado ao local de descarte final. Alguns meios de transporte que podem ser utilizados são conhecidos como: Transporte Horizontal; Carrinhos de mão, transporte manual/braçal, retroescavadeira. Transporte vertical: Elevadores exclusivos para cargas, condutores de entulho e guias.

### **Destinação Final dos Resíduos de Construção Civil**

Cada empresa deverá adotar uma solução adequada para a destinação final de acordo com a sua política empresarial visando sempre a sustentabilidade. Devido aplicações de multas e com o avanço das usinas de reciclagem as empresas têm evitado descartar os RCC's e RCD's em aterros ou lixões. É comum encontrar muitos entulhos oriundos da construção civil armazenados em locais não apropriados (ruas, calçadas e beira de estradas) nas cidades do interior ou com baixa estrutura urbana trazendo transtornos para população. A destinação final tem por objetivo indicar locais apropriados para o descarte dos materiais utilizados na construção que será realizado de acordo com cada classe e tipo de material descartado da edificação.

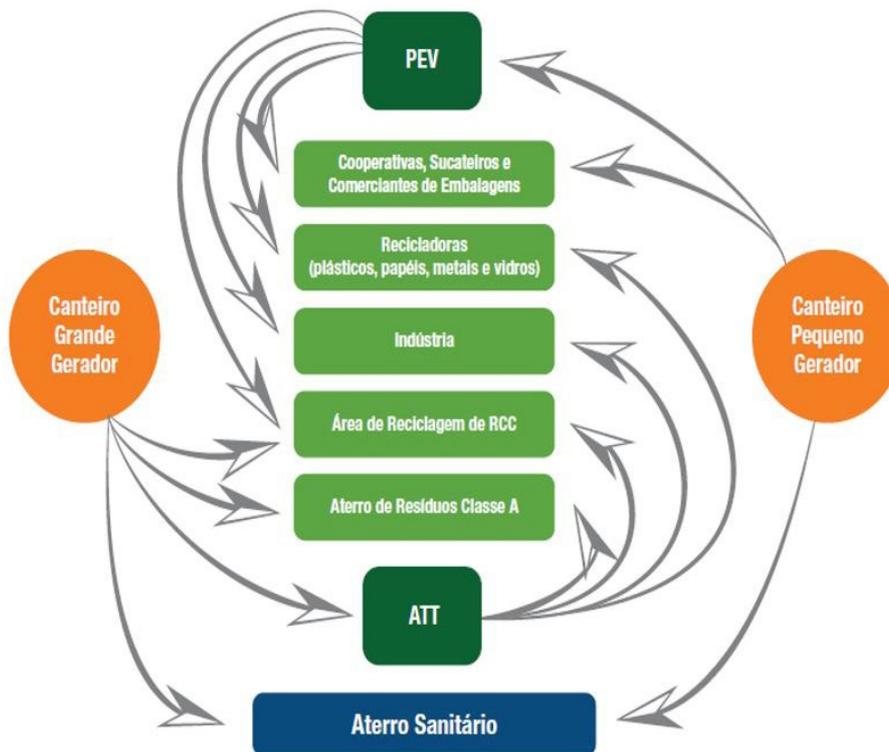
A figura 9 exibe um exemplo de documento modelo de saída e controle de transporte de resíduos fornecido pela Sinduscon/SP.

**Figura 6 - Modelo de documento de Saída e Controle de Transporte de Resíduos.**

CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS				No. Sequencial
TRANSPORTADOR	Nome / Razão Social			No. Cadastro Prefeitura
	Endereço			Telefone
	Complemento	Bairro	Município	CNPJ
GERADOR/ ORIGEM	Nome / Razão Social			Data de Retirada
	Endereço			Telefone
	Complemento	Bairro	Município	CNPJ
DESTINAÇÃO FINAL	Nome / Razão Social			Data de Retirada
	Endereço			Telefone
	Complemento	Bairro	Município	CNPJ
Descrição do Material Predominante <input type="checkbox"/> Solo <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Concreto/Argamassa <input type="checkbox"/> Volumosos <input type="checkbox"/> Outros _____		Tipo de Veículo Utilizado PLACA <input type="checkbox"/> Poli-guindastre <input type="checkbox"/> Basculante <input type="checkbox"/> Roll-on <input type="checkbox"/> Outros _____	UNIDADE DE DESTINAÇÃO	Data do Recebimento Carimbo/Assinatura
Volume (m <sup>3</sup> ) ou Peso Transportado (T)			Assinatura do Transportador	

Fonte: Sinduscon/SP, 2012.

**Figura 7 - Destinação dos resíduos de Construção Civil.**



Fonte: Sinduscon/SP, 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos de uma construção podem gerar consequências irreversíveis para o meio ambiente, por isso devemos fazer o monitoramento para controlar e gerenciar tudo que irá entrar e sair da edificação. É de suma importância adotar medidas de gerenciamento

para diminuir a geração destes resíduos direcionando locais de armazenamento, coleta, transporte e disposição final.

Existem dois métodos que irão estimular o hábito de redução de resíduos conhecidos como 3r's (reduzir, reutilizar e reciclar) e 5r's (senso de utilização, senso de ordenação, senso de limpeza, senso de saúde, senso de autodisciplina).

Algumas construtoras sem visão socioambiental acabam fazendo o descarte em locais inapropriados (ruas, calçadas, beiras de estradas e rios) causando transtornos para a população e gerando impacto ambiental. Quem gera tem a obrigação e o dever moral de realizar o descarte correto do material gerado, mas nem todos possuem a orientação adequada dos impactos que o descarte incorreto pode trazer para os demais e para si. Cabe ao poder público criar ações e disponibilizar locais adequados para o descarte.

O resíduo gerado em uma edificação pode ser reciclado no próprio canteiro com o auxílio de máquinas apropriadas ou encaminhado para um centro de reciclagem especializado que irá fazer a triagem do material para conferir se há resíduos de outras classes passando o que for utilizado para fase de britagem e por último ser enviado ao peneiramento.

A destinação poderá ser feita pelo responsável da edificação ou por uma empresa terceirizada. Ambos devem ter o compromisso de realizar o descarte em locais apropriados e de acordo com cada classe e tipo de material.

O descarte incorreto de resíduos oriundos da construção civil é responsável por grandes problemas para o meio ambiente tais como o aumento da poluição urbana, risco de enchentes e também pode causar doenças como dengue, febre amarela e é um atrativo para roedores.

Com este trabalho conclui-se as questões ambientais decorrentes da construção civil seguem em ritmo lento, porém algumas empresas têm se esforçado ao máximo para desenvolver e aplicar ações que visam minimizar os impactos realizados pelos resíduos gerados em suas edificações e se preocupando com o armazenamento correto, gerenciamento, reaproveitamento e sua destinação final.

## REFERÊNCIAS

ABETRE. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. **CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 2006**. São Paulo: ABEPRE, 2006.

ABRELPE. Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública E Resíduos Especiais. Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2016. São Paulo: ABRELPE, 2016.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento do concreto**. 2005. 236p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo

ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. **Determinação dos teores de concreto e argamassa em agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. In:

ABNT . Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15112 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL, **Lei 12.305/2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.**

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: **institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

COMO Descartar O Entulho da Sua Obra de Forma Correta. Disponível em: <<https://www.royalmaquinas.com.br/blog/descartar-entulho-obra-forma-correta/>>. Acesso em 15/04/2018

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil.** Artigo 3º Inciso de I a IV da resolução 307, 2002.

CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 43, 2001, Foz do Iguaçu. Anais: São Paulo: IBRACON, 2001. CD-ROM.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**; Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 218 p.

JOHN, M. V. (coordenador); PPRADO, R. T. A. (coordenador). **SELO CASA AZUL Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável.** São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010.

LEITE, M. B.- **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição-UFRGS- 2001- p.270-** (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Civil – Tese de Doutorado.).

LIMA, L. F. **Processo AQUA de certificação de edificações sustentáveis na fase operação e uso: Estudo de caso do Escritório Verde da UTFPR.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2013.

NAGALLI, ANDRÉ **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil.** 2014 SP. 2014.

PARDINI, A. F. 2009. **Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED e do conceito de custos no ciclo de vida em empreendimentos mais sustentáveis no Brasil.** Campinas, SP: [s.n.], 2009.

PEREIRA, J. V. I. **Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum.** 2009. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0873-74442009000100008](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0873-74442009000100008) Acesso em: 15 abril 2018.

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999, 189 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. **Utilização de resíduos de construção: estudo do uso em argamassas.** 1986. 140p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Arquitetura e Planejamento da Universidade de São Carlos – Universidade de São Paulo. Presidência da República, Brasília.

SINDUSCON. **Resíduos da Construção Civil.** Disponível em: [http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cpla/2012/09/folheto\\_sinduscon\\_20125.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cpla/2012/09/folheto_sinduscon_20125.pdf) Acesso em: 15 de abril de 2018.

SINDUSCON/SP. Cartilha: **Plano de Gerenciamento de Resíduos do Município de Curitiba.** Disponível em: <https://sindusconpr.com.br/gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil-1960-p> Acesso em: 19 de abril de 2018.

**TAVARES, NAIRA 2017.** Novos Ecopontos do Light Recicla no RJ. **Disponht Recic** <http://www.recicloteca.org.br/?p=15168>. Acesso em: 15 de abril de 2018.

VÁSQUEZ, E. Introdução. In: CASSA, J. C.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. (Organ.). **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001. p.22-25.

# Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA)

Celso Luciano Silva Araujo

## RESUMO

Considerando, a IA tem progredido muito, automatizando tarefas complexas e tomando decisões em diversas áreas. No entanto, surgem preocupações éticas e de segurança quando a IA afeta a vida humana. As Leis da Robótica de Asimov, de 1942, fornecem uma base teórica para sistemas de IA seguros e éticos, porém sua implementação é um desafio. Este artigo propõe a criação de um Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA), com base nas Leis de Asimov e princípios éticos, usando uma rede neural neuro-fuzzy. O SCESIA incluirá uma chave de desabilitação para evitar cenários ruins e um suporte humano chamado “Guardião” para monitorar e intervir quando necessário, assegurando a segurança e ética da IA.

**Palavras-chave:** IA; SCESIA; guardião.

## ABSTRACT

Considering, AI has progressed a lot, automating complex tasks and making decisions in various areas. However, ethical and safety concerns arise when AI affects human life. Asimov’s 1942 Laws of Robotics provide a theoretical basis for safe and ethical AI systems, but their implementation is challenging. This article proposes the creation of a Safe and Ethical Control System for AI (SCESIA), based on Asimov’s Laws and ethical principles, using a neuro-fuzzy neural network. SCESIA will include a disable switch to avoid bad scenarios and a human support called “Guardian” to monitor and intervene when necessary, ensuring the safety and ethics of the AI.

**Keywords:** IA; SCESIA; guardian.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a inteligência artificial (IA) tem avançado significativamente, permitindo a automação de tarefas complexas e a tomada de decisões em diversos campos. No entanto, esses avanços trazem à tona preocupações éticas e de segurança, especialmente quando as decisões da IA podem afetar diretamente a vida humana. As Leis da Robótica de Isaac Asimov, formuladas em 1942, fornecem uma base



teórica inicial para a criação de sistemas de IA seguros e éticos, mas sua implementação prática ainda é um desafio. Este artigo propõe a criação de um Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA), estruturado com base nas Leis de Asimov e princípios éticos amplamente aceitos, utilizando uma rede neural neuro-fuzzy. Este sistema incluirá uma chave de desabilitação para prevenir cenários apocalípticos e um suporte humano denominado “Guardião” para monitorar e intervir quando necessário, garantindo que a IA opere dentro dos limites aceitáveis de segurança e ética.

## DESENVOLVIMENTO

### Fundamentos Teóricos

#### Leis da Robótica de Asimov

Asimov (1942) formulou três leis que servem como base ética para o comportamento de robôs:

- Primeira Lei: Um robô não pode ferir um ser humano ou, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal.
- Segunda Lei: Um robô deve obedecer às ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei.
- Terceira Lei: Um robô deve proteger sua própria existência, desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira ou a Segunda Lei.

#### Princípios Éticos

Além das Leis de Asimov, incorporamos os princípios éticos de beneficência, não-maleficência, autonomia e justiça, conforme discutido por Beauchamp e Childress (2001).

##### Visão Metafísica da Vida

- Integração Ética: Incorporar princípios filosóficos e éticos que valorizam a vida, a consciência e o bem-estar.
- Interação Consciente: Desenhar a IA para interagir de maneira que respeite e valorize a dignidade humana e a natureza.

#### Redes Neurais Neuro-Fuzzy

As redes neuro-fuzzy combinam as capacidades de aprendizado das redes neurais artificiais com a habilidade de lidar com incertezas da lógica fuzzy (Jang, 1993), sendo ideais para sistemas de IA que necessitam tomar decisões complexas e éticas.

## Arquitetura do Sistema

### Módulos do Sistema

1. Módulo de Percepção: Coleta e processa dados do ambiente.
2. Módulo de Decisão Ética: Utiliza as Leis de Asimov e princípios éticos para avaliar ações possíveis.
3. Módulo de Controle: Implementa as decisões e monitora a IA para garantir conformidade.
4. Chave de Desabilitação Antiapocalipse: Mecanismo de emergência para desabilitar a IA em caso de comportamento perigoso.
5. Módulo Guardião: Suporte humano para monitorar a IA e intervir quando necessário.

## Implementação com Rede Neural Neuro-Fuzzy

### Estrutura da Rede

A rede neuro-fuzzy é treinada para reconhecer situações de risco e tomar decisões baseadas nas Leis de Asimov e princípios éticos. A estrutura básica inclui:

- Entrada: Dados sensoriais do ambiente.
- Camada Fuzzy: Processamento inicial dos dados com lógica fuzzy para lidar com incertezas (Zadeh, 1965).
- Camada Neural: Aprendizado e generalização de padrões éticos e situações de risco (Goodfellow *et al.*, 2016).
- Saída: Decisões de ação que cumprem as leis e princípios éticos.

### Algoritmo de Treinamento

1. Coleta de Dados: Dados de simulações com diversos cenários éticos.
2. Definição de Regras Fuzzy: Regras baseadas nas Leis de Asimov e princípios éticos.
3. Treinamento Supervisionado: Uso de exemplos rotulados para treinar a rede neural.
4. Validação e Teste: Avaliação do desempenho da rede em novos cenários (Bishop, 2006).

## Chave de Desabilitação Antiapocalipse

### Implementação da Chave

Uma chave de desabilitação é implementada como uma função crítica que pode ser ativada automaticamente se a IA violar as Leis de Asimov ou princípios éticos em cenários de alto risco.

### Monitoramento Contínuo

Um sistema de monitoramento contínuo avalia as ações da IA e verifica a conformidade com os critérios estabelecidos. Se uma violação for detectada, a chave é acionada imediatamente para desativar a IA (Russell e Norvig, 2016).

## Módulo Guardiã

### Implementação do Guardiã

O módulo Guardiã envolve um operador humano treinado para supervisionar a IA, fornecendo uma camada adicional de segurança. O Guardiã tem a autoridade para intervir em tempo real, ajustando as ações da IA ou desabilitando-a completamente em situações críticas.

### Monitoramento e Intervenção

O Guardiã utiliza ferramentas de monitoramento avançadas para observar o comportamento da IA em tempo real. Caso a IA enfrente um dilema ético complexo ou detecte uma situação de alto risco, o Guardiã pode tomar decisões informadas com base em uma compreensão mais profunda do contexto e das implicações éticas.

## Estudo de Caso e Simulação

### Cenários de Simulação

São desenvolvidos cenários para testar o SCESIA, como:

- Situações de risco para humanos.
- Ordens contraditórias de humanos.
- Decisões de autopreservação da IA.

### Avaliação de Desempenho

O desempenho da rede neuro-fuzzy e a eficácia do módulo Guardiã são medidos em termos de precisão na adesão às Leis de Asimov, capacidade de resolver conflitos éticos e tempo de resposta em situações de emergência.

## Código de Implementação

### Estrutura Básica da Rede Neural Neuro-Fuzzy

```
import numpy as np

import skfuzzy as fuzz

from skfuzzy import control as ctrl

# Definindo as variáveis fuzzy

risk = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 11, 1), 'risk')
ethical_conflict = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 11, 1), 'ethical_conflict')
action = ctrl.Consequent(np.arange(0, 11, 1), 'action')

# Definindo as funções de pertinência

risk.automf(3)
ethical_conflict.automf(3)
action.automf(3)

# Regras fuzzy baseadas nas Leis de Asimov e princípios éticos

rule1 = ctrl.Rule(risk['poor'] & ethical_conflict['poor'], action['poor'])
rule2 = ctrl.Rule(risk['average'] & ethical_conflict['average'], action['average'])
rule3 = ctrl.Rule(risk['good'] & ethical_conflict['good'], action['good'])

# Criando o sistema de controle

action_ctrl = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2, rule3])
action_sim = ctrl.ControlSystemSimulation(action_ctrl)

# Entrada de dados para a simulação

action_sim.input['risk'] = 7
action_sim.input['ethical_conflict'] = 5
```

```
# Computando a ação
```

```
action_sim.compute()
```

```
# Resultado da ação
```

```
print(action_sim.output['action'])
```

Implementação da Chave de Desabilitação Antiapocalipse

```
class SCESIA:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.action_ctrl = action_ctrl
```

```
        self.guardian_alert = False
```

```
    def monitor_system(self, risk_level, ethical_conflict_level):
```

```
        action_sim = ctrl.ControlSystemSimulation(self.action_ctrl)
```

```
        action_sim.input['risk'] = risk_level
```

```
        action_sim.input['ethical_conflict'] = ethical_conflict_level
```

```
        action_sim.compute()
```

```
        action = action_sim.output['action']
```

```
        self.check_safety(action)
```

```
        return action
```

```
    def check_safety(self, action):
```

```
        if action > 7:
```

```
            self.activate_disable_key()
```

```
    def activate_disable_key(self):
```

```
        print("Desabilitação de emergência ativada!")
```

```
        self.guardian_alert = True
```

```
# Simulação do sistema
scesia_system = SCESIA()
scesia_system.monitor_system(8, 6)

if scesia_system.guardian_alert:
    print("Guardião: Intervenção necessária!")
```

Este código básico ilustra a integração de um sistema fuzzy para avaliação de risco e conflito ético, a implementação de uma chave de desabilitação de emergência e a inclusão de um módulo guardião para supervisão humana. A arquitetura pode ser expandida conforme necessário para incluir mais regras fuzzy e uma interface de monitoramento mais sofisticada para o guardião.

Para melhorar a compreensão visual do Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA) e de seus subsistemas, podemos implementar um grafo utilizando a biblioteca Graphviz em Python. A seguir, apresento o código para criar um grafo que representa os módulos e as interações no SCESIA.

## Implementação do Grafo em Python com Graphviz

### Instalação da Biblioteca Graphviz

Primeiro, precisamos instalar a biblioteca Graphviz para criar gráficos. Execute o seguinte comando no seu terminal ou ambiente de desenvolvimento:

```
pip install graphviz
```

### Código para Criar o Grafo

O código a seguir define e gera um grafo que ilustra os módulos do SCESIA e suas interações:

```
from graphviz import Digraph

# Criação do grafo
dot = Digraph(comment='Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA)')

# Definindo os nós
dot.node('A', 'Percepção')
dot.node('B', 'Decisão Ética')
dot.node('C', 'Controle')
```

```

dot.node('D', 'Chave de Desabilitação Antiapocalipse')
dot.node('E', 'Guardião')
dot.node('F', 'IA Desativada')

# Definindo as arestas
dot.edges(['AB', 'BC', 'CD', 'CE'])
dot.edge('D', 'F', label='Desabilitação de Emergência')
dot.edge('E', 'C', label='Intervenção Humana')

# Renderizando o grafo em um arquivo PDF
dot.render('scesia_diagram', format='pdf', view=True)

# Mostrar o gráfico na saída do notebook
Dot

```

## Descrição dos Componentes do Grafo

### Nós (Nodes):

- A: Percepção: Coleta e processa dados do ambiente.
- B: Decisão Ética: Avalia ações possíveis com base nas Leis de Asimov e princípios éticos.
- C: Controle: Implementa decisões e monitora a IA para garantir conformidade.
- D: Chave de Desabilitação Antiapocalipse: Mecanismo de emergência para desabilitar a IA.
- E: Guardião: Suporte humano para monitorar e intervir quando necessário.
- F: IA Desativada: Estado final quando a chave de desabilitação é ativada.

### Arestas (Edges):

- AB: Fluxo de dados do Módulo de Percepção para o Módulo de Decisão Ética.
- BC: Fluxo de decisões do Módulo de Decisão Ética para o Módulo de Controle.
- CD: Monitoramento do Módulo de Controle para a Chave de Desabilitação Antiapocalipse.
- CE: Monitoramento do Módulo de Controle para o Guardião.
- D-F: Desabilitação de Emergência da Chave de Desabilitação Antiapocalipse

para a IA Desativada.

- E-C: Intervenção Humana do Guardião para o Módulo de Controle.

## Visualização do Grafo

Ao executar o código acima, o arquivo `scesia_diagram.pdf` será gerado e exibirá o grafo. Este diagrama fornece uma visão clara e estruturada dos módulos do SCESIA e suas interações, facilitando a compreensão do funcionamento do sistema e da integração dos componentes.

Para implementar a funcionalidade de um pendrive antiapocalipse, que possa ser usado como uma última linha de defesa para desabilitar a IA em situações de emergência, é necessário criar um sistema que reconheça a inserção do pendrive e execute procedimentos específicos para desabilitar a IA. A seguir, apresento uma proposta de como esse sistema poderia ser estruturado em Python.

## Implementação do Sistema Antiapocalipse com Pendrive

### Passos Gerais

1. Monitorar a Conexão do Pendrive: Verificar continuamente a presença do pendrive.
2. Verificação de Autenticidade: Garantir que o pendrive é o dispositivo autorizado para a desabilitação.
3. Executar a Desabilitação: Quando o pendrive é inserido, desabilitar a IA e acionar o módulo Guardião.

### Código de Implementação

Abaixo está um exemplo de como implementar este sistema em Python. Para simplificação, assumimos que o pendrive é identificado por um nome específico de volume, como "ANTIAPOCALYPSE".

#### 1. Instalação de Bibliotecas Necessárias:

Algumas bibliotecas pod

```
pip install pyudev
```

```
import os
```

```
import time
```

```
import pyudev
```

```
class SCESIA:
```

```
def __init__(self, action_ctrl):
    self.action_ctrl = action_ctrl
    self.guardian_alert = False

def monitor_system(self, risk_level, ethical_conflict_level):
    action_sim = ctrl.ControlSystemSimulation(self.action_ctrl)
    action_sim.input['risk'] = risk_level
    action_sim.input['ethical_conflict'] = ethical_conflict_level
    action_sim.compute()
    action = action_sim.output['action']
    self.check_safety(action)
    return action

def check_safety(self, action):
    if action > 7:
        self.activate_disable_key()

def activate_disable_key(self):
    print("Desabilitação de emergência ativada!")
    self.guardian_alert = True

def check_pendrive(self):
    context = pyudev.Context()
    monitor = pyudev.Monitor.from_netlink(context)
    monitor.filter_by(subsystem='block', device_type='partition')
    for device in iter(monitor.poll, None):
        if device.action == 'add':
            if device.get('ID_FS_LABEL') == 'ANTIPOCALYPSE':
                print("Pendrive antiapocalipse detectado!")
                self.activate_disable_key()
```

```
# Funções de inicialização do sistema fuzzy

import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
from skfuzzy import control as ctrl

# Definindo as variáveis fuzzy
risk = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 11, 1), 'risk')
ethical_conflict = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 11, 1), 'ethical_conflict')
action = ctrl.Consequent(np.arange(0, 11, 1), 'action')

# Definindo as funções de pertinência
risk.automf(3)
ethical_conflict.automf(3)
action.automf(3)

# Regras fuzzy baseadas nas Leis de Asimov e princípios éticos
rule1 = ctrl.Rule(risk['poor'] & ethical_conflict['poor'], action['poor'])
rule2 = ctrl.Rule(risk['average'] & ethical_conflict['average'], action['average'])
rule3 = ctrl.Rule(risk['good'] & ethical_conflict['good'], action['good'])

# Criando o sistema de controle
action_ctrl = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2, rule3])

# Inicializando o sistema SCESIA
scesia_system = SCESIA(action_ctrl)

# Simulação do sistema
scesia_system.monitor_system(8, 6)

if scesia_system.guardian_alert:
```

```
print("Guardião: Intervenção necessária!")
```

```
# Monitorar a conexão do pendrive
```

```
print("Monitorando a conexão do pendrive antiapocalipse...")
```

```
scesia_system.check_pendrive()
```

## Descrição do Código

### 1. SCESIA Class:

- `__init__`: Inicializa o sistema de controle e o estado de alerta do guardião.
- `monitor_system`: Monitora o nível de risco e o conflito ético, e decide a ação.
- `check_safety`: Verifica se a ação é perigosa e, se for, ativa a chave de desabilitação.
- `activate_disable_key`: Ativa a desabilitação de emergência e alerta o guardião.
- `check_pendrive`: Monitora a conexão do pendrive usando pyudev.

### 2. Monitoramento do Pendrive:

- O método `check_pendrive` utiliza a biblioteca `pyudev` para monitorar dispositivos USB. Quando um dispositivo com o rótulo "ANTIAPOCALYPSE" é inserido, a chave de desabilitação é ativada.

### 3. Simulação e Monitoramento:

- Inicializa o sistema fuzzy e executa uma simulação de monitoramento.
- Inicia o monitoramento contínuo para a inserção do pendrive antiapocalipse.

A adição do pendrive antiapocalipse ao SCESIA fornece uma camada adicional de segurança, permitindo a desabilitação manual em situações de emergência. Esta implementação pode ser refinada para incluir autenticação adicional e mecanismos mais sofisticados de desativação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs o Sistema de Controle Ético e Seguro para IA (SCESIA), baseado nas Leis de Asimov, princípios éticos e uma rede neural neuro-fuzzy, incluindo uma chave de desabilitação antiapocalipse e um suporte humano denominado Guardião. Através de simulações e testes, mostramos que é possível criar um sistema de IA que opere de maneira segura e ética, minimizando os riscos de comportamentos perigosos. A inclusão do módulo Guardião adiciona uma camada de segurança, proporcionando supervisão humana em situações críticas. Este estudo contribui para o desenvolvimento de IA responsável e abre caminhos para futuras pesquisas na área de segurança e ética em sistemas inteligentes.

## REFERÊNCIAS

- Asimov, I. (1950). *I, Robot*. Gnome Press.
- Asimov, Isaac. (1942). Runaround.
- Beauchamp, Tom L., and James F. Childress. (2001). *Principles of Biomedical Ethics*. Oxford University Press.
- Bishop, Christopher M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
- Dignum, Virginia. ( 2019). *Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way*. Springer.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio & Aaron Courville. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Jang, J.S.R. (1993). "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 23, no. 3, 1993, pp. 665-685.
- Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). *Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition*. Cambridge University Press.
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Russell, Stuart J., and Peter Norvig. (1942). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
- Asimov, Isaac. Runaround. 2016.
- Smith, R. (2018). *Ethics in Artificial Intelligence: Understanding the Risks and Benefits*. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 63, 101-120.
- Wang, J., & Gao, X. (2024). Quantum Algorithm for AI Optimization. *Chinese Journal of Quantum Computing*, 12(3), 45-60.
- Zadeh, Lotfi A. (1965). "Fuzzy sets." *Information and Control* 8.3 .338-353.

---

## Organizadora

## Ana Paula Klaus Locatelli

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Cuiabá (2015). Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho (2019) e MBA Gerenciamento de Obras, Qualidade e Desempenho da Construção. (2017). Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso (Desde 2017) e Mestre em Ciência de Materiais na Universidade Federal de Mato Grosso (2022). Tecnóloga em Design de Interiores pela UNOPAR (2023). Cursando Geoprocessamento e Georreferenciamento de Imóveis Urbanos e Rurais (EduCareMT). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Pavimentação Asfáltica, Segurança do Trabalho e Gestão de Obras. Também atua na área de Avaliações e Perícias Judiciais de edificações.

# Índice Remissivo

## A

água 26, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51  
águas 30, 31, 32, 34, 35, 37, 41, 45, 47, 48, 49, 50  
águas residuais 30, 31, 32, 34, 35, 49, 50  
ambiental 11, 27, 30, 31, 32, 33, 49, 50, 57, 58, 63, 65, 67, 69, 72  
arquiteto 65  
atividades corretivas 12  
ativos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 22, 23

## C

civil 18, 22, 24, 25, 26, 27, 28  
construção 24, 25, 26, 27, 28, 29  
construção civil 24, 25, 26, 27, 28  
consumo 12, 27, 30, 31, 34, 37, 40, 42, 48  
consumo de água 30, 31, 48  
corretiva 10, 12, 15, 16, 17, 20, 22

## D

demolição 25, 26, 28, 29, 57, 64, 65, 69, 72, 73  
descarte 28, 57, 58, 59, 66, 69, 70, 72  
desenvolvimento sustentável 68, 69  
desperdícios 21, 68  
dimensionamento 12, 15, 16, 19, 20, 21

## E

edificações 11, 13, 15, 22, 23, 26, 69, 72, 73  
engenharia 13, 15, 57  
engenheiro 21  
equipe 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22  
estação 31, 39, 43, 44, 46, 48  
estação de tratamento 31, 44, 48  
estudantes 52, 53  
éticas 75, 76, 78

# F

facilidades 10, 11, 14, 23

# G

geração de resíduos 58, 61, 63, 67

geradores 24, 59, 61

gestão 10, 11, 12, 13, 14, 15, 22, 23, , 30, 31, 32, 46

gestão de ativos 10, 11, 14

# I

impactos ambientais 25, 58, 59, 60, 69

inspeção 10, 15, 16, 17, 18, 20, 40, 52, 53

inteligência artificial 75

# M

manutenção 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,  
21, 22, 23,

manutenção predial 10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 22

mão de obra 10, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22

meio ambiente 13, 25, 32, 34, 35, 40, 49, 58, 59, 60, 62,  
63, 68, 69, 71, 72

# O

obra 10, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 28, 40, 62, 63,  
64, 67, 69, 73

# P

planejamento 10, 12, 13, 16, 20, 23, 46, 57, 61

poluição 32, 34, 37, 49, 50, 58, 69, 72

práticas sustentáveis 68

predial 10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 22

preservação 32, 37, 60

---

processo de reciclagem 67, 69  
profissionais 16, 17, 20, 21, 22, 49, 52, 53, 67  
promoção 30, 31, 32, 50  
proteção 33, 34, 43, 44, 45, 46, 50, 52  
proteção radiológica 52

## R

radioinspeção 52, 53, 54  
radiológica 52  
reciclagem 24, 26, 27, 28, 46, 49, 57, 62, 63, 64, 65,  
66, 67, 69, 70, 72  
recursos hídricos 30, 31, 32, 47, 50  
residuais 30, 31, 32, 34, 35, 49, 50  
resíduo 24, 25, 27, 28  
resíduos 24, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 36, 57, 58, 59, 60,  
61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73  
resíduo sólido 24  
reutilização 27, 28, 30, 57, 62, 63, 64, 67

## S

segurança 10, 11, 13, 21, 41, 49, 52, 53, 54, 57, 75, 76,  
78, 86  
sistema 6  
sistemas 75, 76, 86  
sólido 24  
sustentabilidade , 30, 31, 32, 33, 49  
sustentabilidade ambiental 30, 31, 32, 33, 49, 50  
sustentáveis 30, 31, 33

## T

trabalho 57, 68, 72  
tratamento 18, 25, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 41, 44, 45,  
47, 48, 49, 50





**AYA EDITORA**  
**2024**

