

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**



O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**



Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

D451 O desenvolvimento sustentável na engenharia civil [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-66-9
 DOI 10.22533/at.ed.669202003

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Engenharia civil. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*O Desenvolvimento Sustentável na Engenharia Civil*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 5 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância do desenvolvimento sustentável na engenharia civil, pensar no desenvolvimento atual sem esquecer do desenvolvimento das gerações futuras.

O desenvolvimento sustentável incorpora os aspectos de um sistema de consumo em massa no qual a preocupação com a natureza, via de extração da matéria-prima, é máxima, ou seja, significa obter crescimento econômico necessário, garantindo a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social para o presente e gerações futuras.

Portanto, para que ocorra o desenvolvimento sustentável é necessário que haja uma harmonização entre o desenvolvimento econômico, a preservação do meio ambiente, a justiça social (acesso a serviços públicos de qualidade), a qualidade de vida e o uso racional dos recursos da natureza (principalmente a água).

A indústria da construção é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais. O setor da construção civil tem papel fundamental no desenvolvimento do país e, dessa forma, se torna peça chave para o atendimento dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, os empreendimentos sustentáveis só recebem essa denominação se atenderem a seis regras básicas: sustentabilidade do canteiro de obras e da região em torno dele, inclusive com recuperação de todas as áreas que forem afetadas pela construção; eficiência total no consumo de água: reaproveitamento da água utilizada e aproveitamento da água da chuva; garantia da redução do consumo e da eficiência energética do prédio, inclusive com uso de fontes renováveis de energia; reciclagem e tratamento correto dos dejetos e resíduos; trabalhar para manter o mais baixo possível as emissões de poluentes e usar materiais de origem vegetal ou reciclados no acabamento ou infraestrutura; e buscar sempre a melhoria e a adequação dos procedimentos.

Na prática, construir de maneira sustentável significa: reduzir o impacto negativo das obras (barulho, poeira e tarefas repetitivas); integrar fontes de energia renováveis ainda no estágio de desenvolvimento do projeto; usar materiais recicláveis na construção para preservar recursos naturais; melhorar a performance térmica dos edifícios para reduzir os custos com ar-condicionado, calefação e as emissões de CO₂; projetar o tempo de vida das estruturas; reciclar materiais e estruturas após a demolição; conceber projetos habitacionais de baixo custo para melhorar as condições de vida da população de baixa renda.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados ao

desenvolvimento sustentável aplicado à Engenharia Civil. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DE TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS DE PESQUISAS PARA ENGENHARIA INDUSTRIAL João Victor Cordeiro Saulnier de Pierrelevee Bragança DOI 10.22533/at.ed.6692020031	
CAPÍTULO 2	12
ANÁLISE DE ACESSIBILIDADE EM EDIFÍCIO PÚBLICO Carlos Roberto Mangussi Filho Priscila Lima de Oliveira Carlos Roberto Mangussi Luis César de Oliveira DOI 10.22533/at.ed.6692020032	
CAPÍTULO 3	29
AValiação DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE PNEUS EM BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO Elizabeth Yukiko Nakanishi Bavastri Gabriela do Prado Sá Brito DOI 10.22533/at.ed.6692020033	
CAPÍTULO 4	41
DISPONIBILIZAÇÃO DE RECURSOS E TAREFAS PARA A OTIMIZAÇÃO DO AMBIENTE CLOUD – BASE DE CONHECIMENTO HEURÍSTICA João Victor Cordeiro Saulnier de Pierrelevee Bragança DOI 10.22533/at.ed.6692020034	
CAPÍTULO 5	49
BLINDAGEM MULTILAMINADA APLICADA A UM REATOR MODULAR DE PEQUENO PORTE HIPOTÉTICO Alberto Teixeira Neto Cláudio Luiz de Oliveira Domingos D'Oliveira Cardoso Gabriela Martins Duarte João Domingos Talon João Vitor Mendes da Silva Ronaldo Glicerio Cabral Rudnei Karam Morales Sergio Gavazza Sergio de Oliveira Vellozo Thomaz Jacintho Lopes DOI 10.22533/at.ed.6692020035	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	58
ÍNDICE REMISSIVO	59

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE PNEUS EM BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

Data de aceite: 18/03/2020

Data de submissão: 13/01/2020

Elizabeth Yukiko Nakanishi Bavastri

Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Civil
Curitiba - Paraná

Gabriela do Prado Sá Brito

Prefeitura de Alegrete
Alegrete - Rio Grande do Sul

RESUMO: Com o crescimento populacional acelerado, surge cada vez mais problemas quanto a destinação final de resíduos gerados pela humanidade. Os pneus automobilísticos são exemplos desses resíduos sólidos, e ainda tem-se a problemática de que o tempo de degradação natural é indeterminado, consequentemente gerando enormes acúmulos. Para reverter o quadro de lotação nos aterros ou depósitos clandestinos muitas pesquisas estão sendo realizadas, promovendo outros propósitos para a destinação final. Assim sendo, este trabalho visa avaliar as propriedades do concreto, com a incorporação de resíduo de borracha triturada de pneus introduzidas na massa, para a fabricação de blocos de concreto intertravados para pavimento flexível. O

desenvolvimento experimental desta pesquisa, iniciou-se pela determinação do traço de referência (sem adições de resíduos) e, também escolhidos as porcentagens de substituições de agregado miúdo natural (areia) e pedrisco por resíduos (pneus triturados), sendo que o traço de referência utilizado foi de 1: 1,72: 2,15 : 0,49. As porcentagens de substituições dos agregados naturais por resíduos foram de 3,88%, 4,48% e 5,82% em volume de agregados. Assim, as fibras de borrachas dos pneus passaram a representar 2,45%, 3,07% e 3,69% do volume total do concreto. Foram ainda, realizadas as caracterizações dos materiais constituintes, estudos das propriedades do concreto no estado fresco (massa específica e consistência) e avaliação das propriedades no estado endurecido (resistência a compressão e absorção de água). Percebe-se que a substituição de agregados naturais por resíduos de borracha reduz a resistência a compressão axial dos blocos de concreto, podendo, estes, serem utilizados, apenas em locais com carregamento estritamente leves. Ademais o escopo foi apontar uma forma sustentável para a destinação final dos pneus inservíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de pneu, bloco de concreto intertravado, substituição de agregado natural por resíduo.

EVALUATION OF TIRE WASTE INCORPORATION IN CONCRETE BLOCKS FOR PAVEMENT

ABSTRACT: With the rapid population growth, more and more problems arise regarding the final disposal of human-generated waste. Automotive tires are examples of such solid waste, and there is still the natural degradation time issue, which is undetermined, thus generating massive accumulations. Much research is being carried out to reverse the stocking situation in landfills or clandestine deposits, getting other purposes for the wastes' final destination. Therefore, this work aims to evaluate the properties of concrete, with the incorporation of crushed tire rubber residue inserted in the mass, for the manufacture of interlocking concrete blocks for flexible pavement. The experimental development of this research began by determining the reference composition (without residue additions) and also choosing the percentages of natural fine aggregate (sand) and gravel replaced with waste (crushed tires), being the reference composition used of 1: 1.72: 2.15: 0.49. The percentages of natural aggregates replaced with waste were 3.88%, 4.48% and 5.82% in aggregate volume. Thus, tire rubber fibers became 2.45%, 3.07% and 3.69% of the total concrete volume. The characterization of the constituent materials, studies of the concrete properties in the fresh state (specific mass and consistency) and their properties evaluation in the hardened state (compressive strength and water absorption) were also performed. It can be seen that replacing natural aggregates with rubber waste reduces the axial compressive strength of concrete blocks, which can only be used in places with strictly light loading. In addition, the scope of this study was to point out a sustainable way for the final disposal of worn-out tires.

KEYWORDS: Tire waste, interlocking concrete block, replacement of natural aggregate with waste.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de blocos de concreto para pavimentação tem ganho progressivamente espaço na pavimentação de áreas urbanas, um dos fatores que contribui para tal escolha, é que estes blocos são semi-permeáveis, contribuindo assim para a minimização dos efeitos das enchentes sobre as cidades, pois este gera um acréscimo no coeficiente de escoamento superficial bem menor se comparado com um pavimento de concreto impermeável. (PAGNUSSAT, 2004).

O pneu inservível não pode voltar à linha de produção de um novo pneu porque as ligações cruzadas, provenientes da vulcanização, são economicamente irreversíveis (FREITAS, 2007), tornando-se um problema com o passar do tempo, devido ao acúmulo de bilhões de pneu em todo o planeta.

Para encontrar um destino correto ao descarte de material oriundo dos

processos de reformas dos pneus, o uso da borracha de pneu como agregado no concreto, vem sendo amplamente estudado, GRANZOTTO (2010), que analisou diversos trabalhos realizados no assunto, concluindo que a utilização em blocos de pavimentação é uma forma viável para o aproveitamento deste material, pois a resistência à compressão não é sua principal propriedade, e que os resultados referentes à resistência à abrasão são pontos favoráveis para sua utilização.

A possibilidade de incorporação de resíduos de pneus em misturas à base de cimento é uma contribuição da indústria da construção civil para reciclagem de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, podendo também melhorar o desempenho dos materiais com sua adição. Isso é verdade quando são analisadas as propriedades elásticas da borracha, sua resistência ao impacto e sua baixa massa específica, características estas muitas vezes desejadas em concretos, podem ser melhoradas através da inserção do resíduo de borracha em sua composição (GRANZOTTO, 2010).

Assim, este trabalho visa avaliar o desempenho dos blocos de concreto intertravados com incorporação de borracha triturada dos pneus inservíveis, ou daqueles oriundos das raspas de borracha gerados pelos processos de recauchutagem ou da remoldagem.

2 | MÉTODO

A partir dos objetivos estabelecidos foi elaborado o programa experimental, contendo ensaios de caracterização dos materiais; ensaios do concreto no estado fresco; ensaios nos blocos de concreto intertravados e dos corpos-de-prova do concreto no estado endurecido. A Figura 1, mostra o fluxograma do programa experimental realizado neste trabalho.

2.1 Cimento Portland

O cimento Portland utilizado para na produção dos blocos de concreto intertravados (pavers) é o CPIV-32, Cimento Portland Pozolânico. A escolha foi feita levando em consideração a facilidade de encontrar o material no comércio local da região, fato que não ocorre com facilidade de obtenção, por exemplo com o CP V ARI, cimento Portland de alta resistência inicial, que são normalmente utilizados para a fabricação de peças pré-moldadas.

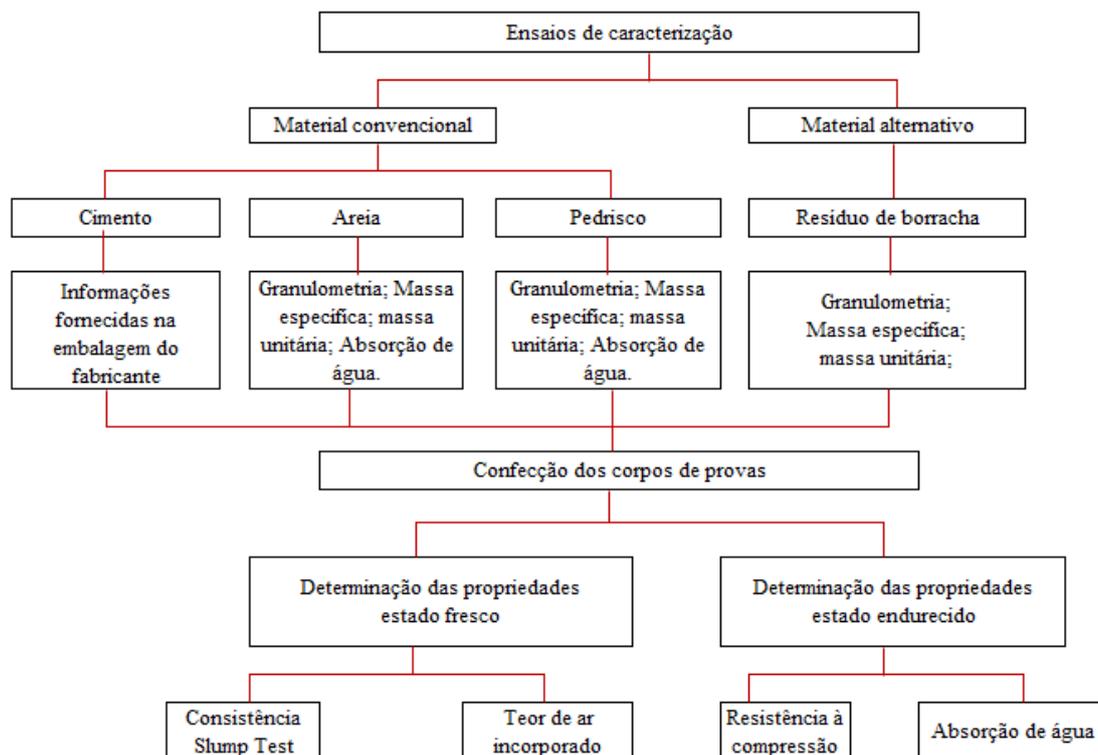


Figura 1 - Fluxograma do programa experimental

2.2 Agregado Natural: Areia

A areia utilizada é uma areia média, de origem natural, proveniente do município de Manoel Viana. A caracterização deste material, foi de acordo com as Normas vigentes e os ensaios realizados foram: determinação da composição granulométrica, determinação da massa específica, determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman; massa unitária, e a absorção de água.

2.3 Agregado Natural: Pedrisco

O agregado graúdo utilizado no traço, foi a brita 0, denominada comercialmente como pedrisco. O material foi adquirido na Empresa Pedra Rosada (Alegrete/RS). A caracterização deste material abrangeu os ensaios: determinação da composição granulométrica, determinação da massa unitária e volume de vazio; massa específica do agregado seco e a absorção de água.

2.4 Resíduo de Pneu

O resíduo utilizado neste trabalho foi proveniente da recauchutagem de pneus de caminhões. As amostras de borracha utilizada provem da raspada da banda de rodagem. Estes, foram doados por empresa local da região, do município de Alegrete/RS. Notou-se que o tamanho dos grãos dos resíduos era bastante diversificado, com relação a sua dimensão. Dessa forma, optou-se por utilizar

apenas os resíduos com dimensões na faixa de 0,8 a 2,38mm, pois estudos já realizados com estas dimensões mostraram que fibras com tamanhos superiores a 2,38mm tem as propriedades mecânicas reduzidas quanto aos ensaios de resistências à compressão axial, quando comparadas sem a incorporação dessas fibras de borrachas.

A granulometria do resíduo escolhida definitivamente, foi feita após o processo de peneiramento de todo o material, que foram classificados conforme a granulometria definida inicialmente, tendo quantidades suficientes para a confecção dos blocos de concretos intertravados. Para caracterizar este material, foi determinado a composição granulométrica, determinação da massa unitária e volume de vazios.

2.5 Produção dos Traços

O abatimento do concreto, por se tratar de confecção de blocos intertravados de concreto (pavers) fabricados totalmente de forma manual, e por tanto a mistura da massa não poderia ser muito seca (pouca água de amassamento), para que este preenchesse toda a fôrma, deixando o mínimo de vazios possíveis, foi escolhido o abatimento do tronco de cone que ficasse entre 60 a 80mm. A Tabela 1, mostra os consumos individuais dos materiais utilizados na confecção dos blocos de concreto intertravados.

Os traços com as substituições parciais dos agregados naturais (areia e pedrisco) por resíduos de pneus, foram obtidos com base no traço de referência, substituindo a areia natural e uma parte do pedrisco por resíduo de pneu triturado. Assim sendo, denominou-se de traço A, sendo o traço de referência, ou seja, sem nenhuma quantidade de fibra de borracha. No traço B, 6% do volume da areia natural e 2% do volume de pedrisco foi substituído por fibras de borracha, esta substituição representou 3,88% dos agregados. No traço C as porcentagens de substituições por resíduos de pneus foram de 7,5% do volume da areia natural e 2,5% do volume do pedrisco, representando 4,85% do volume de agregados naturais. Por fim, no traço D foram substituídos 9% da areia natural em volume, e 3% do pedrisco em volume por resíduos, o qual representaram 5,82% dos agregados naturais. A escolha de substituir o resíduo em maior proporção na areia, foi definida com base em trabalhos técnicos, os quais relatam que substituir percentuais de areia em maiores quantidades que os de pedrisco na incorporação dos resíduos de pneus, proporcionam menores perdas de resistências à compressão axial em relação ao concreto em que foi incorporado resíduo em maior parte no pedrisco e em menor proporção na areia.

Traço	Cimento Kg/m ³	Areia Kg/m ³	Pedrisco Kg/m ³	Água Kg/m ³	Resíduo Kg/m ³
A	456,25	789,32	980,94	223,56	0
B	456,25	741,96	961,33	223,56	36,51
C	456,25	730,12	956,42	223,56	45,64
B	456,25	718,28	951,52	223,56	54,77

Tabela 1 - Consumos dos materiais

2.6 Confeção Manual dos Blocos de Concreto Intertravados

Para a fabricação dos pavers foram utilizadas fôrmas duplas de plástico com o formato dos pavers, betoneira convencional e mesa vibratória. O desenho do formato da fôrma escolhido foi a segmentada com 16 faces, com dimensões de 24cm x 10cm x 8 cm (comprimento, largura e altura respectivamente), da empresa PEC MAQ® PEC FORMAS. Este formato é classificado pela ABNT NBR 9781/2003 como o Tipo I, sendo peças de concreto com formato próximo ao retangular, com relação comprimento/largura igual a dois, que se arranjam entre si nos quatros lados e podem ser assentadas em fileiras ou em espinhas de peixe.

A mistura dos materiais foi realizada na betoneira, após a homogeneização de todos os insumos na betoneira, a massa de concreto foi colocada nas fôrmas duplas de plásticos e, em seguida levadas a mesa vibratória para adensamento.

A Figura 2, mostra as etapas de moldagens, desformas e os blocos de concretos desmoldados e identificados. O processo de desmoldagem ou desformas dos pavers, realizou-se, com o auxílio de um martelo de borracha, onde foi colocado duas régua metálicas servindo de apoio. Então, com o martelo de borracha bateu-se no fundo e nas laterais das fôrmas, até que os pavers se soltassem. Posteriormente, os blocos foram submetidos ao procedimento de cura por imersão, onde ficaram totalmente imersos, por 7 dias e 28 dias.



Figura 2 - Etapas do processo de confecção dos blocos de concreto intertravados

2.7 Ensaios de Abatimento de Tronco de Cone – Slump Test

A determinação da consistência do concreto para moldagem dos pavers, foi executada de acordo com as prescrições da ABNT NBR NM 67 (1998). Todos os

quatro traços estudados tiveram a relação a/c (água/cimento), determinado neste ensaio, a fim de obter-se concretos com abatimento entre 60 a 80mm, devido ao modo manual de confecção dos blocos de concreto. A Figura 3, mostra a realização do ensaio de consistência de dois traços distintos, o traço C e o traço D.



Figura 3 - Consistência pelo abatimento de tronco de cone

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Granulométrica

A distribuição dos grãos dos agregados naturais (areia e pedrisco) e do resíduo da borracha foram obtidas pelas porcentagens retidas acumuladas, como indicadas na Figura 4.

A areia natural apresentou DMC de 1,18mm, módulo de finura de 1,52mm a massa específica de 2,63 g/cm³ e a absorção de água de 0,21%. O pedrisco teve como resultado o DMC de 9,5mm, módulo de finura de 5,69mm, massa específica de 2,90 g/cm³, a massa unitária de 1,32 g/cm³ de absorção de água de 2,0%. Por fim, os resultados obtidos nos resíduos de borracha para o DMC foi de 6,3mm, o módulo de finura de 4,4mm, massa específica de 1,48 g/cm³ e a massa unitária de 0,33 g/cm³.

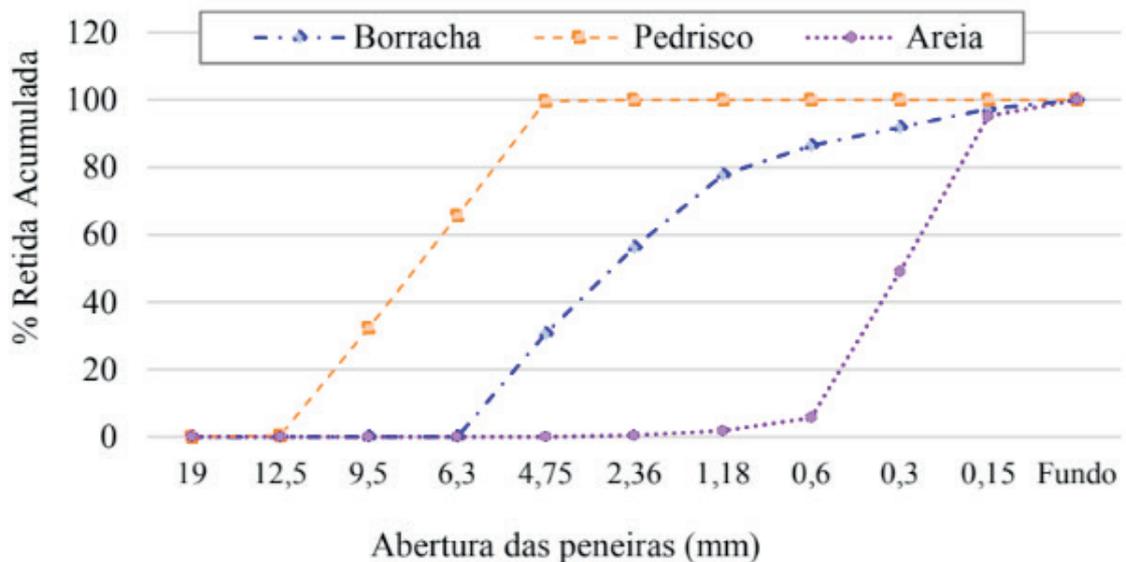


Figura 4: Composição granulométrica dos agregados naturais e do resíduo de borracha

3.2 Consistência por Abatimento de Tronco de Cone

No ensaio da consistência pelo abatimento do tronco cone, foi fixado o abatimento do concreto entre 60 a 80mm, mesmo que para isso fosse preciso aumentar ou diminuir a relação (a/c) água/cimento. Fato que não ocorreu, pois como mostra a Tabela 2, após estabelecido a relação a/c do traço de referência, foi possível mantê-lo para os demais traços, em virtude de todos os traços com incorporação de resíduos ficarem dentro da faixa de abatimento estabelecida (60 a 80mm).

De acordo com os resultados expostos na Tabela 2, é possível observar que o aumento na porcentagem de resíduo de borracha, diminui o abatimento, ou seja diminui a trabalhabilidade do concreto, fato que vai ao encontro da afirmação de (Metha & Monteiro, 1994), independentemente do tipo de fibra, a perda na trabalhabilidade é inversamente proporcional a concentração volumétrica de fibras no concreto.

Traço	Relação (a/c)	Abatimento (mm)
A: referência (sem substituição dos agregados)	0,49	8,0
B: 6% do volume de areia + 2% do volume de pedrisco substituído por resíduo de borracha	0,49	7,0
C: 7,5% do volume de areia + 2,5% do volume de pedrisco substituído por resíduo de borracha	0,49	6,5
D: 9% do volume de areia + 3% do volume de pedrisco substituído por resíduo de borracha	0,49	6,0

Tabela 2: Abatimento de Tronco de Cone

3.3 Massa Específica

A massa específica referente a cada traço encontra-se na Tabela 3 e, comparando as massas específicas dos traços, nota-se um resultado conexo com o incremento de resíduo, pois de acordo com o acréscimo da parcela de substituição dos agregados naturais, por borracha triturada, tem-se uma queda na massa específica do concreto, visto que a massa específica do resíduo de pneus é menor que a massa específica dos agregados (areia e pedrisco natural) que foram parcialmente substituídos, conseqüentemente a massa específica dos pavers confeccionados com a incorporação de borracha triturada, serão mais leves (menos densos) do que os do traço referência, sem a adição de resíduos.

Traço	Massa Específica Aparente (Kg/m ³)
A: referência (sem substituição dos agregados)	2.362,43
B: 6% do volume de areia + 2% do volume de pedrisco substituído por resíduo de borracha	2.285,71
C: 7,5% do volume de areia + 2,5% do volume de pedrisco substituído por resíduo de borracha	2.275,13
D: 9% do volume de areia + 3% do volume de pedrisco substituído por resíduo de borracha	2.269,84

Tabela 3: Massa Específica Aparente

3.4 Resistência a Compressão

O Gráfico 1 mostram os valores da resistência a compressão dos 04 traços dos blocos de concreto intertravados, sendo que o traço A, de referência obteve os maiores valores de resistências, tanto aos 7 dias como aos 28 dias. Verifica-se ainda que ao introduzir os resíduos de pneus as resistências diminuem, tanto mais quanto maior é o acréscimo desse. Ademais, para manter o abatimento de tronco de cone entre 60 a 80mm foi necessário acrescentar água na massa do concreto, deixando com elevado índice de vazios, como mostra a Figura 5, pavers de referência (sem adição de resíduo).

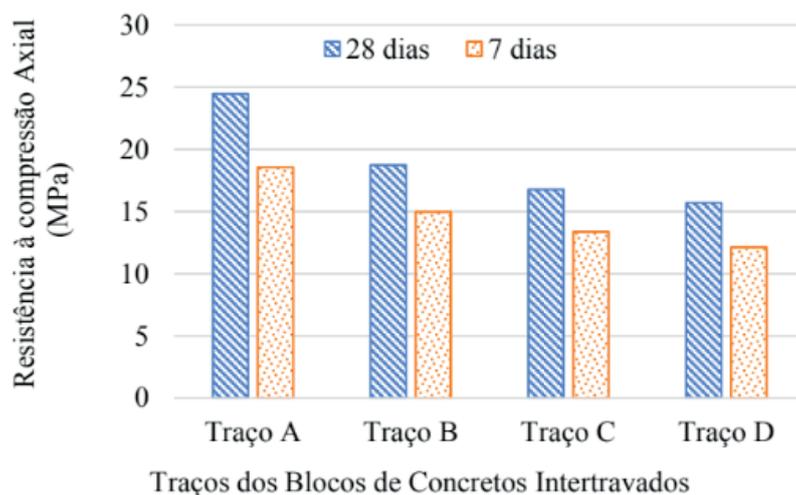


Gráfico 1: Resistência a Compressão Axial



Figura 5: Bloco de concreto intertravado

Essa queda na resistência à compressão de concretos com incorporação de resíduos de pneus, provocada pela substituição parcial de agregados naturais por resíduos de borracha, já foram identificadas por diversos autores, entre esses os trabalhos feitos Fioriti (2007), Granzotto (2010) e Santos (2018). Segundo a justificativa dada por Fioriti (2007), o qual utiliza a afirmação de Neville (1995), que diz, “quanto maior for a resistência e a massa específica dos agregados naturais utilizados para produção de concretos convencionais, menor é a influência dos agregados sobre a resistência à compressão do concreto, uma vez que a resistência dos agregados supera a resistência da matriz”, e que portanto, ao se adicionar os resíduos de pneu na massa de concretos dos pavers, ocorrem a queda na resistência a compressão.

3.5 Absorção de Água

Esta propriedade, está relacionada, com o volume de poros do concreto, ou seja, quanto mais o paver absorver água, significa que mais poros permeáveis possui no seu corpo. A tabela 4, mostra os resultados individuais da absorção de água cada amostra para todos os traços de concretos confeccionados.

Observa-se que a incorporação de resíduos de pneus aumenta a porosidade dos blocos de concretos intertravados, assim como a diminuição da resistência à compressão axial (Gráfico 1).

De acordo com Albuquerque et al. (2006), Santos et al. (2010) e Granzotto (2010), o aumento do teor de borracha, no concreto, resultou em um aumento gradual do teor de ar incorporado, fato que, logicamente, reduz a resistência do mesmo, e diminui a sua massa específica, pois quanto maior o teor de ar incorporado menor será a massa específica.

Traços	Absorção de água (%)	Traços	Absorção de água (%)
Traço A n°01	3,84	Traço C n°01	3,92
Traço A n°02	3,84	Traço C n°02	3,92
Traço A n°03	4,34	Traço C n°03	4,48
Traço B n°01	4,44	Traço D n°01	4,0
Traço B n°02	4,43	Traço D n°02	4,0
Traço B n°03	3,96	Traço D n°03	4,0

Tabela 4: Absorção de Água

4 | CONCLUSÕES

Verifica-se que a consistência do concreto, que está relacionado indiretamente com a trabalhabilidade da massa do concreto diminui com a incorporação do resíduo de pneu. Porém, com proporções não tão grandes, para as porcentagens adotadas nesta pesquisa, que foram de 2,45%, 3,07%, 3,69% em relação ao volume total do traço de referência, de modo que o abatimento no ensaio de consistência, ficou dentro do intervalo estabelecido, ou seja, entre 60 a 80mm, em todos os traços, não sendo preciso mudar a relação a/c, que ficou fixo em 0,49. Além disso, com esse abatimento, não se teve maiores problemas para preencher as fôrmas dos pavers.

Já analisando a massa específica aparente dos pavers, estes diminuíram com a substituição da areia e pedrisco naturais por resíduos de pneus, e quanto maior a quantidade de substituição, menor é a massa aparente, pois a massa específica da areia e pedrisco, são maiores do que os de resíduos, sendo estes mais leves, de menor peso.

Quanto a resistência à compressão dos blocos de concreto intertravados com resíduos de pneus ocorre também uma diminuição da resistência. No entanto, vale ressaltar que o escopo deste trabalho não era a resistência mecânica e sim a diminuição de resíduos de pneus que são gerados em grandes escalas. Ademais, o cimento Portland utilizado foi o CP IV 32, devida a facilidade de encontrar esse no mercado local. Mas sabe-se que a produção de blocos de concretos intertravados são utilizados o cimento Portland CP VARI, que por si só, apresenta maior resistência inicial quando comparado com o CP IV.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação – **Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS - ANIP. Disponível em: <http://www.anip.com.br/>. Acesso em 10 de janeiro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. ABCP Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público. São Paulo, 2010.

ALBUQUERQUE, A. C.; ANDRADE, W. P.; HASPARYK, N. P.; ANDRADE, M. A. S.; BITENCOURT, R. M. A. **Adição de Borracha de Pneu ao Concreto Convencional e Compactado com Rolo**. In ANAIS DO ENTAC. 2006.

AMADEI, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda/PR**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2011.

BRAVO et al. **Concreto leve produzido com borracha de pneus e metacaulim**. 23°CBEiMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, novembro de 2018.

CARVALHO, D. B. A. **Considerações sobre a utilização de pavimentos intertravados e betuminosos em áreas urbanas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011.

FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. São Carlos. 202p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FREITAS, C. **Estudo do desempenho mecânico do concreto com adição de partículas de borracha para aplicação como material de reparo em superfícies hidráulicas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2007.

GIACOBBE, S.; Figueiredo, A. D. **Concreto de cimento portland com borracha de pneus**. Boletim Técnico – Série BT/PCC/513. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2008.

GRANZOTTO, L. **Concreto com adições de borracha: Uma alternativa ecologicamente viável**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

METHE, P. Kumar e MONTEIRO, Paulo J.M. **Concreto Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3ª Edição, 2008.

NEVILLE, Adam L. **Propriedades do Concreto**. Editora bookman, 5ª edição, 2016.

SANTOS, Rebeca Martins. **Sugestões de aplicação de concreto borracha em obras civis**. Trabalho de Conclusão de Curso. 91p.Boa Vista/RR. Universidade Federal de Roraima, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 12, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27
Acordo de nível de serviço 41
Agregado 29, 31, 32
Ambiente 12, 14, 17, 19, 25, 27, 31, 41, 42, 43, 45, 47, 58
Análise 1, 2, 8, 9, 10, 12, 41, 43, 45, 46, 56
Aterro 29
Avaliação 29, 40

B

Blindagem 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57
Bloco de concreto intertravado 29, 38

C

Concreto 16, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 51, 55, 56, 57

D

Depósito clandestino 29
Dose 50, 54, 55, 56, 57

E

Edifício público 12, 13
Eficiência 41, 50, 56
Equilíbrio 41
Estudo 1, 2, 5, 6, 7, 10, 13, 40, 41, 43, 50

I

Incorporação 29, 31, 33, 36, 37, 38, 39
Industrial 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Integração 12

M

Máquina virtual 41, 43, 44
Mobilidade 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 27

O

Otimização 1, 10, 41

P

Pavimentação 29, 30, 31, 39, 40

Perspectivas 1, 3

Pesquisas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 27, 29

Proteção radiológica 50, 56, 57

Q

Qualidade de serviço 41, 47

R

Radioproteção 50, 51, 57

Relações interpessoais da cidade 12

Rendimento 41

Resíduo de pneu 29, 32, 33, 39

Resíduos 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40

S

Sistemas inteligentes 1, 6, 9, 10

Substituição de agregado natural por resíduo 29

T

Tecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 42

Tecnologia da informação 1, 2, 4, 5, 9, 10, 42

Tendências 1, 4

V

Virtual 41, 42, 43, 44

 **Atena**
Editora

2 0 2 0