

A IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL: DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA A CORREÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO

THE IMPORTANCE OF TECHNOLOGY IN CIVIL ENGINEERING: SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE GRANULOMETRIC CORRECTION OF THE AGGREGATE

Autores:

Luiz Paulo Santos Sena¹

¹ E-mail: luizpaulo_91@hotmail.com; Cruz das Almas - Bahia – Brasil; Bacharel em Ciências Exatas e Tecnológicas e graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Cleudson Carneiro Guimarães²

E-mail: cleidsonguimaraes@ufrb.edu.br; Feira de Santana - Bahia – Brasil; Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana, Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências pelas Universidades Federal da Bahia e Estadual de Feira de Santana e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana.

RESUMO

A busca por entregar produtos com qualidade e com baixos custos é algo primordial para a Engenharia civil. Dessa forma, a tecnologia se apresenta como grande aliada para o cenário da construção civil. Por exemplo, a busca pelo aumento da resistência do concreto sem a necessidade do aumento no consumo de cimento é fonte de diversos estudos. Assim, o aperfeiçoamento no uso dos agregados na produção do concreto é relevante, na medida em que estes impactam nas propriedades do mesmo, como a redução da porosidade, o que acarreta em aumento da resistência do concreto e melhora sua qualidade. O presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de software voltado a correção granulométrica a fim de aperfeiçoar o uso do concreto na execução das obras. Após levantamento bibliográfico, o software foi desenvolvido na plataforma Visual Studio da Microsoft e submetido a teste de caso para comprovar a sua eficácia. Através dos testes de caso, constatou-se que os percentuais adquiridos de forma manual não atingem os níveis de precisão dos resultados fornecidos pelo software, os quais permitem o melhor enquadramento nas zonas ótima e elegível. Nessa perspectiva, compreende-se a importância da utilização de software na correção granulométrica a fim de assegurar a escolha dos agregados e seus respectivos percentuais no desenvolvimento do concreto. Portanto, uso de softwares torna-se cada vez mais evidente na construção civil ao atender demandas contemporâneas de inovação e modernização do setor, na medida em que permite aumentar a eficiência no manejo dos materiais e assegura melhor qualidade dos produtos a serem utilizados.

Palavra-chave: Tecnologia; Construção Civil; Agregados; Concreto;

ABSTRACT

The quest to deliver quality products at low cost is a must for civil engineering. Thus, technology presents itself as a great ally for the civil construction scenario. For example, the search for increasing the strength of concrete without the need to increase cement consumption is the source of several studies. Thus, the

improvement in the use of aggregates in the production of concrete is relevant, insofar as they impact on its properties, such as reducing porosity, which leads to an increase in the strength of the concrete and improves its quality. The present work aimed at the development of software aimed at granulometric correction in order to improve the use of concrete in the execution of the works. After a bibliographic survey, the software was developed on Microsoft's Visual Studio platform and subjected to a case test to prove its effectiveness. Through the case tests, it was found that the percentages acquired manually do not reach the levels of precision of the results provided by the software, which allow the best fit in the optimal and eligible areas. From this perspective, the importance of using software in granulometric correction is understood in order to ensure the choice of aggregates and their respective percentages in the development of concrete. Therefore, the use of software becomes increasingly evident in civil construction, meeting contemporary demands for innovation and modernization in the sector, as it allows for greater efficiency in the handling of materials and ensures better quality of the products to be used.

Keywords: Technology; Construction; Aggregates; Concrete;

INTRODUÇÃO

A arte de construir, de maneira organizada, surgiu pela primeira vez na Europa Ocidental durante o Império Romano onde houve o surgimento de novas técnicas construtivas, principalmente pela grande oferta de matéria-prima e trabalho escravo (PORTO e KADLEC, 2018). Desde então, a construção civil foi se resignificando e aperfeiçoando suas técnicas conforme as demandas e exigências do período histórico vivenciado. Como reitera Moura e Júnior (2013), a construção civil evolui conforme às demandas da sociedade, aperfeiçoando técnicas, adicionando novas estruturas, inovando os materiais a partir da finalidade dos projetos de construção, do contexto histórico e setor socioeconômico no qual está inserido.

Conforme as transformações ao longo da história, tais como aperfeiçoamento de técnicas em prol da efetividade, desenvolvimento de ferramentas e maquinarias, assim como adequações no processo de produção a partir das Revoluções Industriais, a introdução de inovação tecnológica apresentou-se como uma solução eficaz para os mais diversos cenários, assim como ocorre no setor da construção civil. Desde inovações simples, que buscam a racionalização dos processos, a inovação de produtos para atender novas demandas e, até mesmo com a necessidade de grande volume de produção promovida pela industrialização, tal solução demonstra-se viável (CBIC, 2016).

A procura por inovação tecnológica a fim de melhorar a eficiência e reduzir despesas possui relevância na transformação e no aprimoramento da construção civil. Dessa forma, o desenvolvimento de softwares, processos, materiais e equipamentos permitem um aumento significativo da otimização do processo produtivo.

Devido ao ambiente laboral competitivo e seletivo, a necessidade de um profissional qualificado e que detém saberes de diversos âmbitos tornou-se relevante ao destaque e plena execução das atividades de um indivíduo em qualquer setor. Logo, a formação dos futuros profissionais da construção civil ecoa na imprescindível ambientação dos mesmos com as novas tecnologias e o desenvolvimento de softwares a fim de aperfeiçoá-los para o mercado de trabalho.

O concreto é um dos materiais estruturais mais utilizados nos últimos anos no Brasil e ao redor do mundo (ALHADAS, 2008; TORALLES *et al.*, 2018). Considerado um dos materiais mais tradicionais da construção civil, o concreto apresenta como fatores predominantes no seu uso a resistência quando se encontra no estado endurecido e de sua acomodação às mais diversificadas formas no estado fresco (TORALLES *et al.*, 2018). Para além disso, a facilidade de acesso à matéria-prima, comumente próximas aos canteiros de obra, e o baixo custo delas impulsionam o consumo do concreto. As estruturas produzidas com o concreto constituem uma ampla variedade, como na alvenaria, aquedutos e pavimentos.

Dessa forma, a busca pelo aumento da resistência do concreto sem a necessidade do aumento no consumo de cimento é fonte de diversos estudos no setor da construção civil. Alcançar a produção de um concreto

que possua maior resistência e eleve a durabilidade é imprescindível para a melhor qualidade das edificações. No entanto, para além da qualidade do concreto, almeja-se a redução da produção de resíduos e consumo de matérias-primas para o processo mais sustentável.

Existem diversos parâmetros que interferem nas propriedades do concreto, sendo um dos principais o empacotamento. O empacotamento exerce grande influência nas propriedades físicas do concreto. Segundo Monson *et al.* (2016), o empacotamento de partículas pode ser definido como o preenchimento dos espaços entre as partículas, isto é, uma combinação de partículas de diferentes tamanhos, ocasionando a diminuição dos vazios. Assim, aumentando a densidade de empacotamento, ocasiona na diminuição do volume de vazios a ser preenchido por água, diminuindo, portanto, a relação água/cimento na mistura e elevando a resistência e durabilidade (CAMPOS, 2019).

O desenvolvimento de pesquisas com o interesse no empacotamento de partículas, vem crescendo em várias áreas da engenharia. Conforme Oliveira *et al.* (2018), o estudo do empacotamento de partículas pode ser definido como um problema na seleção da proporção e do tamanho adequado das partículas. Segundo Castro e Pandolfelli (2009), as partículas são consideradas grão de agregados, minerais, entre outros materiais, onde o comportamento dos materiais depende de suas propriedades e da interação entre eles.

Assim como ratifica Herman *et al.* (2016), o empacotamento de agregados traz grandes vantagens ao concreto, como o aumento da resistência mecânica e do módulo de elasticidade, além da redução da exsudação e da retração e maior durabilidade. Outra vantagem relevante é a redução do consumo de cimento, que tem grande influência no custo do concreto e impacto ambiental.

A busca pelo aumento da resistência do concreto sem a necessidade do aumento no consumo de cimento é fonte de diversos estudos (MARTINS, 2008; PHILIPPI FILHO, 2019; EVANGELISTA, 2002). Alcançar a produção de um concreto que possua maior resistência à compressão e eleve a durabilidade é imprescindível para a melhor qualidade das edificações. A durabilidade do concreto é dependente das funções para qual foi projetado e, embora o concreto seja um composto rígido, problemas como corrosão e fissuras devem ser observados e corrigidos (MOURA *et al.*, 2013). Paralelamente à durabilidade, a vida útil consiste no período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo (ISO 13823:2008).

No entanto, para além da qualidade do concreto, almeja-se a redução da produção de resíduos e consumo de matérias-primas devido a necessidade do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o aperfeiçoamento no uso dos agregados na produção do concreto é relevante, na medida em que estes impactam nas propriedades do mesmo, como a redução da porosidade, o que acarreta em aumento da resistência do concreto à compressão e melhora sua qualidade. O uso de inovações tecnológicas, como o desenvolvimento de software, no âmbito da correção granulométrica favorece a produção do concreto, na medida em que permite uma seleção mais eficiente e qualitativa dos agregados a serem utilizados nesse processo.

Assim, estudos que aperfeiçoem a composição desses agregados para o concreto, com o auxílio de tecnologias, mostram-se valiosos. Em vista disso, o presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de software voltado a correção granulométrica na dosagem de concretos e argamassas em laboratório e no canteiro de obra a fim de aperfeiçoar o uso do concreto na execução das obras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi feita uma análise com base em uma busca na literatura pertinente à temática a fim de compreender o panorama contemporâneo a respeito da introdução dos softwares no setor da construção civil, assim como o uso e dosagem do concreto e a correção granulométrica.

Após o levantamento bibliográfico, iniciou-se o processo de desenvolvimento do software. Para a produção do mesmo utilizou-se a plataforma Visual Basic da Microsoft utilizando a linguagem C#, a qual se caracteriza por uma linguagem simples, tem fácil entendimento, permitindo seu manuseio por qualquer indivíduo detentor de conhecimento prévio de programação. Essa linguagem de programação possui como plataforma de desenvolvimento o Software Visual Studio da Microsoft, o qual fornece amplas vantagens no desenvolvimento de software, como a orientação de objetos, validação de dados e, até mesmo tratamento de erros.

Segundo a NBR 7211 (TABELA 01), onde são especificados diretrizes para agregados utilizados no concreto, além de informar quais parâmetros os agregados devem possuir para assegurar melhorias na qualidade do concreto. Um desses parâmetros são os limites da distribuição granulométrica do agregado, os quais foram fundamentais para desenvolvimento do código do programa.

Tabela 01: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

LIMITES ESTABELECIDOS CONFORME A NBR 7211 (2009)		PENEIRAS (mm)						
		4,75	2,40	1,20	0,60	0,30	0,15	0,075
ZONA UTILIZÁVEL	LIM. SUPERIOR (%)	10	25	50	70	95	100	100
	LIM. INFERIOR (%)	0	0	5	15	50	85	90
ZONA ÓTIMA	LIM. SUPERIOR (%)	5	20	30	55	85	95	100
	LIM. INFERIOR (%)	0	10	20	35	65	90	100

Fonte: NBR 7211 (2009)

Findado esse processo, foram realizados dois testes de validação a fim de avaliar a eficiência do software desenvolvido e as suas funcionalidades. O teste foi executado a partir de dados obtidos de trabalhos realizados por Santana *et. al.* (2017), tendo o ensaio granulométrico, realizado conforme a NM 248, aplicado a fim de confirmar a eficiência do software. Dessa forma, conforme os resultados obtidos foi possível desenvolver discussões acerca dos dados obtidos e sua relevância ao setor da Construção Civil no que se refere à correção granulométrica e ao aperfeiçoamento na execução das obras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tecnologia está se expandindo de forma bem ampla abrangendo vários setores, inclusive na construção civil. O investimento em inovações tecnológicas vem sendo utilizados por empresas a fim de diminuir custos e despesas, assim como o aumento da produtividade ao dispor cada vez menos tempo, recurso e mão de obra (PEREIRA e ALENCAR, 2019). Paralelamente, a construção civil é um setor gerador de muitos poluentes. Ao lado disso, a indústria do cimento é responsável por impactos significativos, tanto na paisagem como na atmosfera devido a seu processo produtivo (MIRANDA; COUTO; PEREIRA; ALCÂNTARA, 2019).

Conforme Tutikian e Helene (2011) o estudo da dosagem dos concretos de cimento inclui os procedimentos necessários à obtenção da melhor proporção entre os materiais constitutivos do concreto, também conhecido por traço. Essa proporção ideal pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e sempre mais rigorosa a proporção expressa em massa seca de materiais. Dentre os principais materiais a serem considerados para a formação do concreto incluem cimento, agregados miúdos, agregados graúdos, água, ar incorporado e ar aprisionado. No Brasil, ainda não há uma padronização do método de dosagem do concreto, no entanto procedimentos comuns ocorrem nos diferentes estudos, como o cálculo da

resistência média de dosagem, a correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento para determinado tipo e classe de cimento (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

As características e proporções dos agregados exercem um papel fundamental na produção do concreto e nas suas propriedades, dentre as quais estão a forma, textura e dimensão do agregado, além da granulometria, absorção e da massa específica do mesmo. Indiscutivelmente, a introdução de inovação tecnológica nos meios de produção apresentou-se como uma solução eficaz para esse cenário, no que tange ao aperfeiçoamento da produção do concreto com o uso da correção granulométrica através de softwares.

Para cada tipo de agregado existem determinados limites de distribuição granulométrica. A título de exemplo, os limites superiores e inferiores são responsáveis por identificar a classificação do agregado na zona ótima e utilizável. Dessa forma, o software tem como objetivo enquadrar os agregados nessas zonas de utilização através da composição granulométrica. O programa desenvolvido permite a alimentação de no máximo três agregados e reúne os agregados que não se enquadram nessa zona. A partir disso, utilizando a composição deles, busca-se o melhor enquadramento para atingir a categoria das zonas desejáveis. Ao invés de utilizar agregados destoantes das zonas ótima e utilizável, emprega-se material composto por mais de um agregado a fim de assegurar o enquadramento nessas zonas.

O software é alimentado pelo usuário com a composição granulométrica (FIGURA 01). A partir dos dados utilizados e das informações acerca das zonas ótima e utilizável, busca-se o percentual de cada agregado, os quais reunidos formam a composição mais adequada para o enquadramento nos limites de utilização.

Figura 01: Janela de Alimentação dos Dados do Software Desenvolvido

The image displays a software interface for data entry, organized into three identical sections for different aggregate masses. Each section is titled 'MASSA AGREGADO' followed by a number (1, 2, or 3). Below each title is an input field for the aggregate mass. The main part of each section consists of a table with sieve sizes listed on the left and input fields for the corresponding mass values. The sieve sizes are 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, 0.15, and FUNDO. To the right of the sieve size columns is a 'PERCENTUAL' column with input fields. A 'CLIQUE' button is located at the bottom right of each section.

MASSA AGREGADO 1			
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
4.8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FUNDO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
			<input type="button" value="CLIQUE"/>

MASSA AGREGADO 2			
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
4.8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FUNDO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
			<input type="button" value="CLIQUE"/>

MASSA AGREGADO 3			
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3
4.8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2.4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0.15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FUNDO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
			<input type="button" value="CLIQUE"/>

Fonte: Próprio Autor

A partir disso, para a validação do software, foram obtidos dados de estudos realizados anteriormente (SANTANA *et al.*, 2017) a fim de comparar os resultados alcançados por meio do programa e os relatados em estudos publicados (TABELA 02).

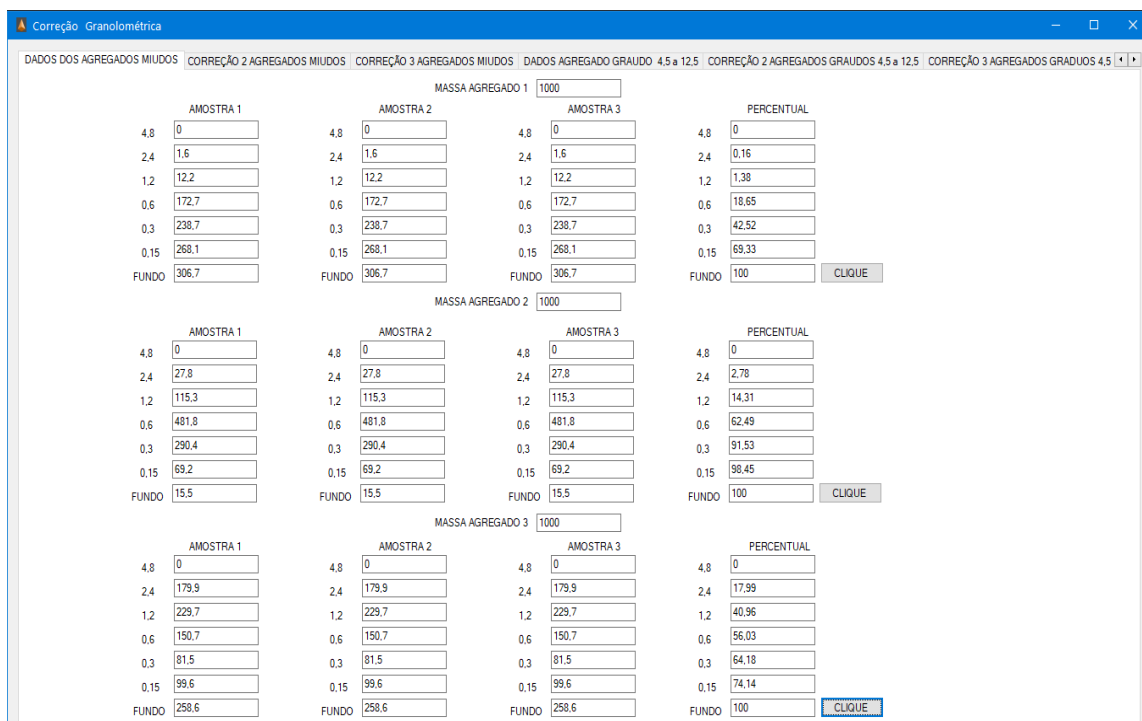
Tabela 02: Caracterização Física dos Agregados Utilizados

LIMITES ESTABELECIDOS CONFORME A NBR 7211 (2009)		PENEIRAS (mm)						
		4,75	2,40	1,20	0,60	0,30	0,15	0,075
ZONA UTILIZÁVEL	LIM. SUPERIOR (%)	10	25	50	70	95	100	100
	LIM. INFERIOR (%)	0	0	5	15	50	85	90
ZONA ÓTIMA	LIM. SUPERIOR (%)	5	20	30	55	85	95	100
	LIM. INFERIOR (%)	0	10	20	35	65	90	100
AREIA BRANCA	RETIDO ACUMULADO (%)	0	0,16	1,38	18,65	42,52	69,33	100
AREIA LAVADA	RETIDO ACUMULADO (%)	0	2,78	14,31	62,49	91,53	98,45	100
AREIA BRITAGEM	RETIDO ACUMULADO (%)	0	17,99	40,96	56,03	64,18	74,14	100

Fonte: SANTANA *et al.* (2017)

Dessa forma, foram realizados 2 testes de casos onde foram analisadas as distribuições granulométricas com dois e três agregados, separadamente, as quais foram fornecidas ao software para fins de comparações (FIGURA 02).

Figura 02: Teste de Caso Realizado no Software

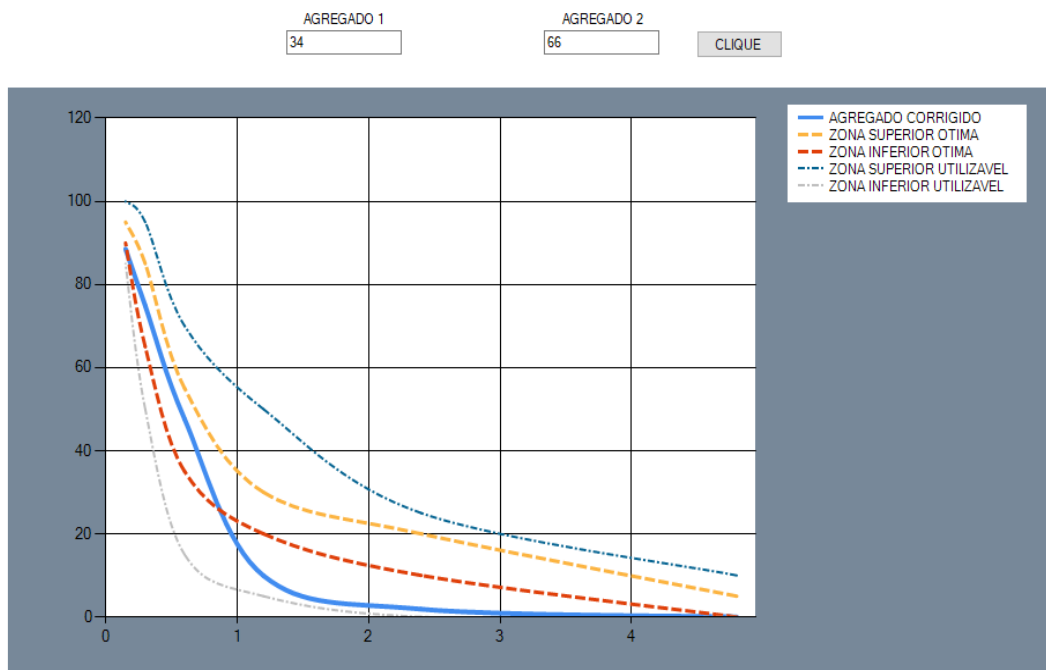


Fonte: Próprio Autor

Após o processamento dos dados, percebe-se a disparidade nos percentuais de cada agregado, na medida em que nos estudos de Santana *et al.* (2017), foi obtido para areia branca e areia lavada os percentuais de 20% e 80 %, respectivamente. No entanto, utilizando os mesmos valores dos agregados adotados anteriormente no software, obteve-se de forma automatizada, os percentuais de 34 % para areia branca e 66% para areia lavada (FIGURA 03).

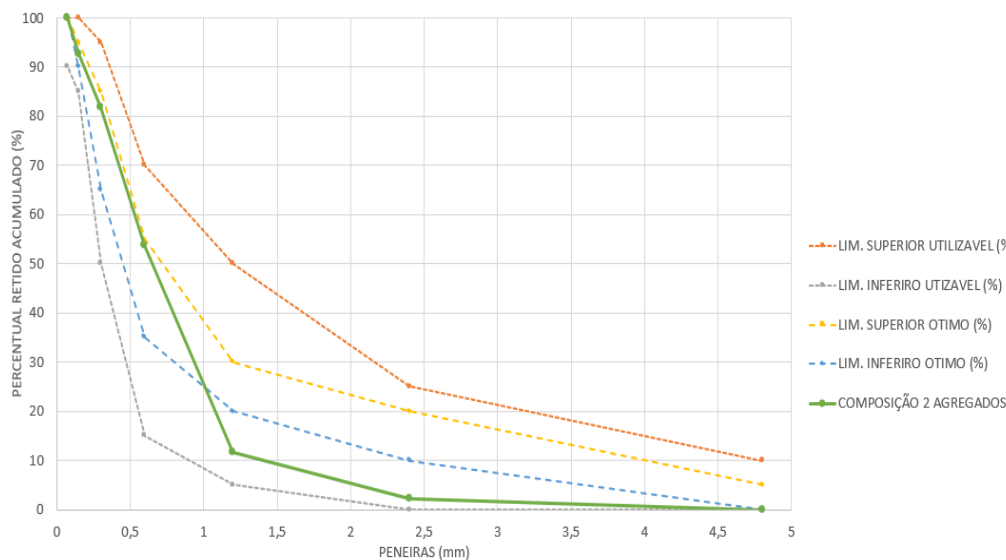
Posteriormente ao processamento e análise dos dados, foram desenvolvidos gráficos, os quais representam as zonas ótima e utilizável. Dessa forma, através da representação gráfica, é possível determinar a composição granulométrica obtida a partir do percentual de cada agregado. Logo, a diferença detectada ao analisar os percentuais no teste de caso com dois agregados não é evidenciada ao projetar gráficos, nos quais há semelhança entre os resultados, o software e os estudos analisados (FIGURA 03 E 04).

Figura 03: Percentuais obtidos no teste de caso com dois agregados



Fonte: Próprio Autor

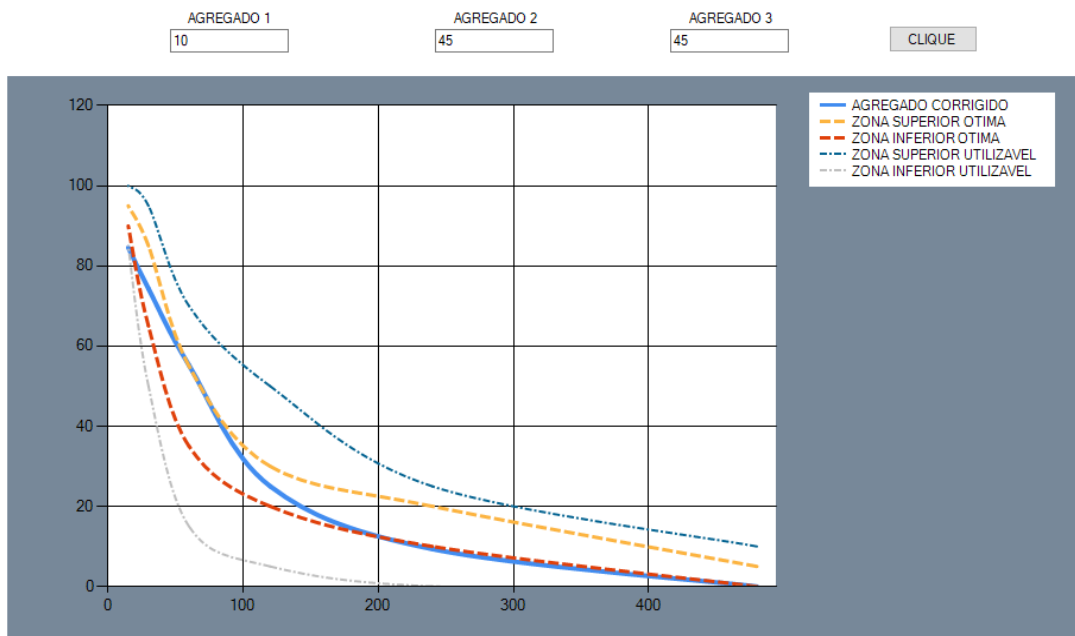
Figura 04: Distribuição Granulométrica da Composição com 2 Agregados - Areia Branca 20% e Areia Lavada 80%



Fonte: SANTANA *et al.* (2017)

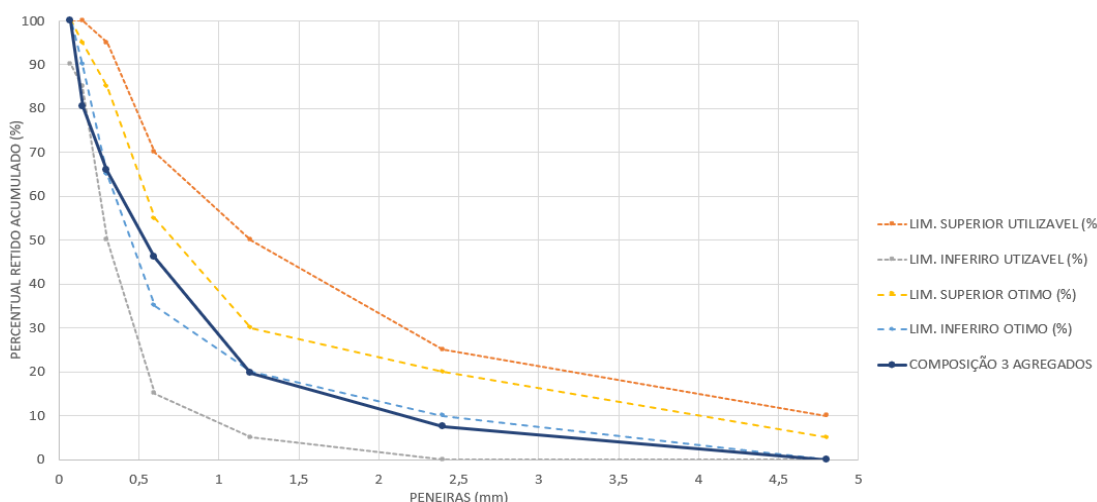
Quanto ao teste de caso utilizando a composição granulométrica com três agregados, obtêm-se novamente porcentagens diferentes. Ao empregar o software os resultados percentuais a serem adotados para os agregados, sendo 10% para areia branca, 45% para areia lavada e 45% para areia de britagem. Ao analisar os resultados no estudo pesquisado (SANTANA *et al.*, 2017), os percentuais foram de 32%, 32% e 36% para areia branca, areia lavada e areia de britagem, respectivamente. No entanto, de modo similar ao primeiro teste de caso, nas representações gráficas (FIGURA 05 e 06) não se evidenciaram distorções no que se refere a classificação dos agregados nas zonas desejáveis.

Figura 05: Percentuais obtidos no teste de caso com três agregados



Fonte: Próprio Autor

Figura 06: Distribuição Granulométrica da Composição com 3 Agregados - Areia Branca 32%, Areia Lavada 32% e Areia de Britagem 36%



Fonte: SANTANA *et al.* (2017)

As diferenças nos percentuais obtidos justificam-se pelo uso do software como mecanismo de aprimoramento da correção granulométrica, na medida em que o mesmo avalia todas as possibilidades na porcentagem dos agregados a fim de determinar os valores mais adequados para a composição do

material. Dessa forma, os percentuais no estudo analisado, obtidos de forma manual, não atingem os níveis de precisão que permitem o melhor enquadramento nas zonas ótima e elegível. Nessa perspectiva, compreende-se a importância da utilização de software na correção granulométrica a fim de assegurar a escolha dos agregados e seus respectivos percentuais no desenvolvimento do concreto.

CONCLUSÃO

A partir do presente trabalho, no qual foi feita uma análise da correção granulométrica na dosagem do concreto e o papel das novas tecnologias no setor da construção civil, torna evidente o quão importante é o desenvolvimento de softwares com o intuito de obter de forma mais precisa o percentual dos agregados a serem utilizados na produção do concreto. O software desenvolvido elaborado em linguagem C# se mostrou de grande simplicidade e agilidade de desenvolvimento.

Dessa forma, o uso de softwares acessíveis e seguros torna-se cada vez mais evidente na construção civil, na medida em que permite aumentar a eficiência no manejo dos materiais, assim como assegurar melhor qualidade dos produtos a serem utilizados, atendendo, portanto, demandas contemporâneas de inovação e modernização do setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHADAS, M. F. S. Estudo da influência do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro 2003.

CAMPOS, H. F. Dosagem de concreto sustentável e de alta resistência, otimizada por modelos de empacotamento de partículas, com substituição parcial do cimento Portland por pó de pedra e sílica ativa. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. **Revista Cerâmica**, v. 55, p. 18-32, 2009.

CBIC – Catálogo de Inovação na Construção Civil. Câmara Brasileira da Construção Civil. Catálogo de inovação na construção civil. / Câmara Brasileira da Construção Civil. - Brasília: CBIC, 2016.

EVANGELISTA, A.C.J. Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). General principles on the design of structures for durability. ISO 13823. 2008.

MARTINS, P. B. M. Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Tecnologia. Feira de Santana, 2008.

MONSON, A. R. et. al. Influência do Empacotamento da Estrutura Granular na Resistência à Compressão de Concretos Utilizados Para a Fabricação de Postes Duplo T. Revista Eletrônica Multidisciplinas FACEAR, v. 2, p. 1, 2016

MOURA, G. R.; JUNIOR, W. S. S. Transformações e tendências na história da engenharia civil: do trabalho manual à sustentabilidade. Anais Eletrônico VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar, Editora CESUMAR, Maringá, PR, 2013.

PEREIRA, A. R.; ALENCAR, E. A. B. Análise do uso das novas tecnologias na construção civil. 2019? Disponível em: < https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_aline_revisado_1.pdf>. Acesso em: set. 2020.

PHILIPPI FILHO, F. A correção do traço do concreto de estacas quadradas para a melhoria da qualidade e economia. 2019. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Unisul – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

PORTO, G. B. P.; KADLEC, T. M. M. Mapeamento de estudos prospectivos de tecnologias na revolução 4.0: um olhar para a indústria da civil. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Engenharia Civil. Curitiba, 2018.

OLIVEIRA, C. O. et al. Impacto do conceito de empacotamento de partículas na dosagem de concretos de alto desempenho. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, 2018.

SANTANA, R. A. et al. Influência da correção granulométrica de agregados nas propriedades da argamassa. 6º Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil. 2017

TORALLES, B. M. et al. Estudo comparativo de diferentes métodos de dosagem de concretos convencionais. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 10, n. 1, p. 184 – 198, abril. /2018.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: *Concreto: ciência e tecnologia*. 2011.