

USO DO CONCRETO LEVE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Gilmar Veloso da Costa

Geisla A. Maia Gomes

RESUMO

Este trabalho buscou analisar a eficiência do uso e da aplicação do concreto leve na construção civil. Sob a perspectiva de um mercado cada vez mais competitivo, o setor da construção civil nunca esteve tão alerta sobre as novas técnicas e práticas inovadoras. Por isso, o objetivo foi mostrar a redução dos custos de material e mão de obra na fabricação de vergas e contravergas com concreto leve. Foi alcançado o propósito através de dados comparativos de fabricação de vergas utilizando o concreto leve com eps e diferentes formas de fabricação como o uso de canaleta cerâmica e forma de madeira. Ademais, foram utilizados materiais teóricos e observações tátil-visuais, estabelecendo uma linha de avaliação da resistência de cada material. O estudo demonstrou a aplicabilidade do uso do concreto leve em peças pré-moldadas para fins estruturais, como em vergas e contravergas. Dessa maneira, justifica-se o seu uso em obras de pequeno e grande porte, a fim de reduzir material e custo de mão de obra, além de reduzir o impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Concreto leve. Análise estrutural. Aplicação.

1 INTRODUÇÃO

A importância e a necessidade de explorar e reinventar novos produtos e técnicas têm levado a sociedade do ramo da construção civil a inovar. O uso do concreto leve como tendência em relação à sustentabilidade e também na redução de gastos em relação à materiais de construção civil se tornou uma técnica praticável nos dias de hoje.

O setor da construção civil sempre busca obter uma maior lucratividade, e tem alcançado inovações em materiais e técnicas, capazes de atender tal necessidade e essa busca leva empresas prestadoras de serviços a ficarem atentas ao mercado inovador.

O concreto leve possui este nome quando substitui os agregados pesados de sua composição como brita e areia, por elementos mais leves como Eps e argila expandida. Consequentemente o concreto se torna mais leve e com isso ele possui características capazes de suportar pequenas cargas, podendo assim ser usado em diferentes aplicações, que serão vistas neste trabalho.

Já o concreto tradicional já é um composto de cimento, agregados (brita e areia), água e eventualmente aditivos, que quando recém misturados em proporções adequadas, resulta em um material plástico que permite operações de manuseio indispensáveis ao lançamento nas formas, adquirindo, com o tempo, coesão e resistência com o desenvolvimento de reações de hidratação do aglomerante.

Com o uso do concreto leve na construção civil, as estruturas perderam um pouco do seu peso específico e com isso reduziram a necessidade de área de aço em determinadas estruturas, também reduz o volume de concreto armado como é o caso de lajes pré-moldadas que possui preenchimento em EPS que antes era usado material cerâmico. E para completar sua eficácia ele reduz o impacto ambiental, pois o EPS é um produto utilizado para reduzir o peso do concreto armado e pode ser reciclado 100 %.

Na arquitetura onde existem projetos mais esbeltos é capaz de favorecer o peso próprio de determinadas peças flutuantes como pergolados ou molduras de fachadas.

O principal objetivo deste trabalho é mostrar a possibilidade em reduzir o custo de mão de obra e de materiais para fabricação de vergas e contravergas através do uso do concreto leve como material de enchimento, mostrando ainda a resistência do mesmo com base em estudo de resistência já comprovados.

As vergas são elementos estruturais presentes na alvenaria que funcionam como pequenas vigas para a distribuição de cargas e tensões em vãos como portas e janelas, que sem elas na estrutura de uma obra podem causar danos patológicos, como fissuras e trincas.

2 CONCRETO LEVE COM EPS E SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em grande parte das obras no Brasil, costuma-se utilizar o “concreto convencional”, composto por “uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que

desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento” (BATTAGIN, 2009, pag. 34-47).

Com o desenvolvimento da tecnologia na construção civil, surgiu o “concreto leve”, que possui este nome porque substitui os agregados pesados de sua composição como brita e areia, por elementos mais leves como EPS ou argila expandida, conseqüentemente o concreto se torna mais leve e com isso ele possui características capazes de suportar pequenas cargas, podendo assim ser usado em diferentes aplicações, que serão vistas neste trabalho.

Como visto, o EPS (Poliestireno expansível), ou como comumente é chamado “isopor”, é um dos componentes mais utilizados para tornar o concreto mais leve. Ele foi descoberto em 1949, pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz nos laboratórios da BASF na Alemanha.

Trata-se de um plástico celular rígido, consequência da polimerização do estireno em água, na sua fabricação não se utiliza o gás CFC e nenhum outro substituto de seu gênero. Este material ganhou uma posição estável na construção civil por ser um material isolante, leve, resistente, fácil de manusear e de baixo custo.

O EPS tem várias aplicações na construção civil, e como componente do concreto leve pode ser utilizado em forma de pérolas ou triturado, este último seria o componente estudado em nosso trabalho, pois é indicado aqui como resíduo e será retirado das obras, evitando assim o impacto que causaria ao meio ambiente.

Conforme apresenta Rossignolo(2009), a massa específica do concreto leve é reduzida em relação aos concretos convencionais, isto se dá pela substituição de partes sólidas por ar, tais partes são classificadas como agregados leves, concreto sem finos e concreto celular.

As características de porosidade e absorção de água dos agregados leves afetam as propriedades dos concretos e o processo de hidratação do cimento. A velocidade e a quantidade de água absorvida pelos agregados leves dependem dos seguintes fatores: porosidade total, conectividade entre os poros, características da superfície do agregado, umidade do agregado antes da mistura, temperatura, tipo de lançamento do concreto e utilização de aditivos no concreto (Rossignolo e Agnesini, 2005).

O concreto leve de Eps é utilizado na construção civil nas partes onde não se exige grandes esforços. Devido às suas propriedades como sua densidade aparente, acústica e isolamento térmica e a resistência de acordo com a sua densidade, o seu uso tanto em

pequenas obras quanto em obras de grande porte, permite economia no custo final da obra, pelo dimensionamento estrutural adequado e facilidade no manuseio e de seu transporte.

Conforme apresenta Rossignolo (2009), os concretos leves caracterizam-se pela redução da massa específica, a qual fica abaixo de 2 mil kg/m^3 , em relação aos concretos convencionais, cuja densidade do concreto varia de 2300 a 2500 kg/m^3 .

Quando se reduz a massa específica, com agregados leves, pode-se causar alterações significativas em outras importantes características do concreto, tais como: trabalhabilidade, resistência mecânica, módulo de elasticidade, retração, fluência, zona de transição, isolamento térmico e resistência ao fogo.

O concreto leve possui uma massa específica muito baixa e com textura porosa, isso dificulta o seu abatimento em relação ao concreto convencional, quando se faz o teste de slump, portanto deve ser levado em conta a relação água e cimento para facilitar sua trabalhabilidade.

Juntamente com a trabalhabilidade, a massa específica e a resistência são as duas propriedades geralmente utilizadas na especificação do concreto leve estrutural. O uso de areia natural para aumentar a resistência mecânica do concreto leve tende a aumentar sua massa específica, mesmo que essa tendência seja parcialmente compensada pelo efeito oposto ao do ar incorporado, que muitas vezes utilizado para melhorar a trabalhabilidade (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

A resistência a compressão é a propriedade do concreto leve que está diretamente relacionada com o tipo e a granulometria do agregado leve utilizado. Essa granulometria tem mais influência na massa específica e na resistência mecânica dos concretos leves do que nos concretos convencionais, já que a massa específica e a resistência mecânica da maioria dos tipos de agregados leves são inversamente proporcionais à sua dimensão (ROSSIGNOLO E AGNESINI, 2005).

O concreto leve com uso do EPS além de reduzir o peso do concreto possui características de ser impermeabilizante aumentando a resistência ao ataques químicos, devido sua natureza inerte e célula fechada, além de aplicações do tipo:

- Regularização de lajes
- Painéis para fechamento
- Elementos pré fabricados

- Elementos tipo móveis
- Casas pré-fabricadas
- Tijolos e blocos de vedação
- Revestimento de fachadas, etc..

3 - MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA SEGUNDO A NBR 5738:2015

Para realização dos testes de resistência à compressão, os corpos de prova devem seguir critérios de padronização definidos pela NBR 5738: 2015, a qual estabelece que os moldes devem ser cilíndricos e ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro escolhido deve ser 10 cm, apesar do concreto leve possui agregados miúdos, o que facilitará sua moldagem. O material do molde será em PVC de 100 mm, este material não reage com o cimento Portland e é suficientemente resistente para manter sua forma durante a operação de moldagem.

O molde em PVC deve ter uma abertura na face superior, o fundo e a lateral, deve possuir apoios e travamentos quando fechados e de fácil desmoldagem, para não danificar o corpo de prova. A base do molde deve ser plana, com uma tolerância de 0,05 mm, para não influenciar na hora do rompimento.

A base onde os moldes serão preenchidos deve ser plana e seca, em local definido para permanecer 24 horas em repouso, longe de circulação e protegido do sol, respingo d'água e vibrações ou contatos. Durante a moldagem dos corpos de prova, a mistura do concreto deverá estar previamente pronto para garantir a sua uniformidade. Logo após, o concreto é introduzido dentro do molde, tendo a quantidade de camadas e golpes para adensamento definidos de acordo com a NBR 5738:2015.

Para o adensamento do concreto dentro do molde a quantidade de camadas e golpes de são definidos de acordo com as dimensões dos corpos de prova e o tipo de adensamento (manual ou mecânico). Neste caso o tipo de adensamento será manual e os moldes terão 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, sendo assim serão necessárias duas camadas, sendo cada uma delas adensadas a partir da aplicação de 12 golpes com uma haste metálica. Os golpes devem ser distribuídos uniformemente na seção transversal do corpo de prova, a haste deve penetrar uma profundidade de 2 cm da camada anterior até se chegar no topo do molde.

Para que não ocorra o risco de ficar vazios o adensamento deve ser feito com batidas leves em volta do corpo de prova. Na última camada o material a ser colocado deve exceder a quantidade de material, para que seja possível realizar o arrasamento, sem adicionar material após o adensamento. Após a moldagem, os corpos de prova devem ser cobertos, a fim de evitar a perda de água do material, a cobertura (lona plástica) não pode ser reativo e nem absorvente.

3.1 - Pós Moldagem dos corpos de prova segundo a NBR 5739:2018

Nesta parte da moldagem a NBR 5739, define que após as primeiras 24 horas em que o corpo de prova esteve armazenado para secagem, os corpos de prova são desmoldados, identificados e submetidos à cura úmida até o momento do ensaio, os deverão ficar protegidos de gotejamentos e não devem ficar à ação da água em movimento.

Quando se faz o desmolde e ocorre a cura dos corpos de prova, estes devem ter suas bases preparadas para garantir a planicidade e perpendicularização com o eixo longitudinal do corpo de prova.

Com as bases preparadas os moldes são medidos, considerando seu diâmetro e sua altura, isto se faz de preferência utilizando um paquímetro com exatidão de 0,1 mm.

De acordo com a NBR 5739 a determinação da resistência se dá de forma à compressão axial. No momento do teste tanto a base e o topo dos corpos de prova deverão ser limpos, assim como o prato da máquina. O molde deve ser colocado na máquina na mesma direção em que foi enchido, ficando com seu eixo em concordância com o eixo da prensa.

A forma de acionar o mecanismo da prensa deve ser contínuo e sem choques com velocidade de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s e é parado assim que ocorre a ruptura ou deformação do corpo de prova. Assim que ocorre a deformação é registrado a carga máxima alcançada, indicando a resistência do corpo de prova, a unidade expressa pela prensa é em kgf, que será convertido para kn/cm^2 , a fim de realizar os cálculos e obter a resistência à compressão axial medida em escala de megapascals (MPa).

4 . METODOLOGIA E RESULTADOS

A pesquisa foi desenvolvida buscando resultados comparativos entre o custo de fabricação de vergas para alvenaria estrutural, considerando três formas, as quais são mais utilizadas em canteiros de obra. A resistência do concreto leve com eps utilizado neste estudo se refere ao material teórico e observação tátil-visual, estabelecendo uma linha de avaliação relacionada com a análise de resistência e como proposto no projeto.

Os dados obtidos para o embasamento teórico do presente trabalho foram da REVISTA ELETRÔNICA DE CIÊNCIA EXATAS E TECNOLOGIA com o título “Estudo Comparativo entre o Concreto Leve de Pet e o Concreto Leve de Eps”, Souza Lima, Dieison (2018), integrante do grupo de estudo da Universidade UNOPAR-PR. Nesse estudo os autores procuram seguir as normas NBR 5738:2015 e NBR 5739:2018 que regem a conduta para se fazer os corpos de prova, portanto a escolha do melhor traço, para se fazer o concreto leve com EPS para este estudo de caso está na Tabela 1.

A escolha foi o traço de densidade 1000 kg/m³, por apresentar melhor resultado (Tabela 2) visando custo e benefício, pois quando se aumenta a densidade colocando menos elemento leve o peso próprio do elemento estrutural é aumentado proporcionalmente, contudo quando se coloca mais elemento leve o peso próprio diminui e com isso a resistência do elemento estrutural também, portanto para efeito do estudo apresentado o que se procurou foi atingir um peso próprio adequado e uma resistência que fosse ideal de acordo com a norma de aplicação de alvenaria estrutural (NBR 15812-2010).

Tabela 1 - Traço utilizado para teste compressão com EPS

Densidade	Eps/Isopor lts	Cimento kg	Areia lts	Água lts	Aditivo/Cola
1000 kg/m ³	13,5	5,25	9,86	2,70	0,015 lts

Fonte: SOUZA Lima, Dieison (2018), pág. 25

Tabela 2 - Resultado da resistência à compressão axial

Tipo	RESISTÊNCIA (Mpa)		
	7 dias	14 dias	28 dias
EPS	4,44	4,83	7,96

Fonte: SOUZA Lima, Dieison (2018), pág. 27

Em um segundo momento, após a coleta dos resultados à compressão foi aplicado o traço descrito na Tabela 1, no processo de mistura do material primeiramente foi colocado aditivo na água para facilitar a aderência do EPS ao cimento e logo após foram misturados a areia e a água até se chegar na homogeneidade pretendida com a betoneira.

Na figura 1 a forma é preenchida com o material já preparado, seguindo os critérios da dimensão do elemento estrutural (verga) para o estudo em questão.

Figura 1 - Fabricação da verga com concreto leve



Fonte: O Autor, 2020.

Após o tempo necessário para secagem a verga foi retirada da forma (Figura 2) e recebe a hidratação necessária para ter a cura ideal para o ensaio de deslocamento.

Figura 2 - Verga em processo de cura



Fonte: O Autor, 2020.

Figura 3 - Ensaio de deslocamento ao longo do tempo para carregamento estático constante.



Fonte: O Autor, 2020.

Na figura 3, a verga possui a dimensão de 14x19x240 cm, a mesma recebe um carregamento linear de aproximadamente de 308 kg que representa a solicitação de uma verga na alvenaria estrutural, como definido pela NBR 15812-2010 que descreve as diretrizes da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. O ensaio foi empírico por se tratar da dificuldade

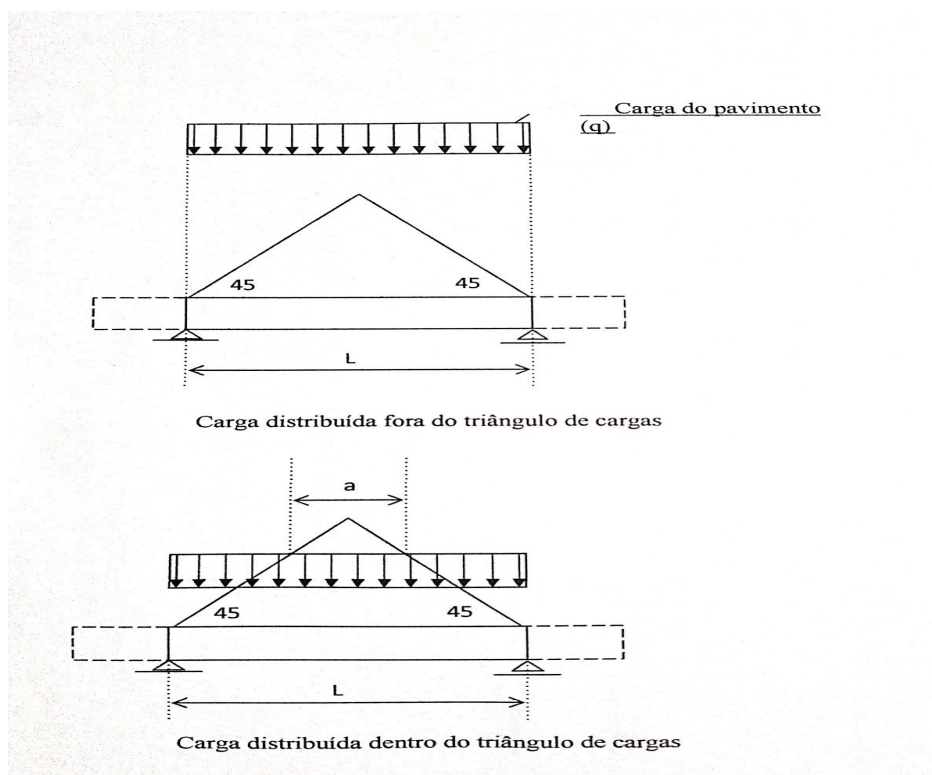
de acesso até um laboratório onde pudesse ser feito o teste de resistência devido a crise de isolamento causada pelo COVID 19.

A norma NBR 15812 - 2010 item 9.1.3 diz:

A dispersão de qualquer ação vertical concentrada ou distribuída sobre um trecho de um elemento se dará segundo uma inclinação de 45° , em relação ao plano horizontal, podendo-se utilizar essa prescrição tanto para a definição da parte de um elemento que efetivamente trabalha para resistir a uma ação quanto para a parte de um carregamento que eventualmente atue sobre um elemento” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p 1).

A ação vertical pode ser vista claramente na figura 4, que demonstra a carga compreendida por um triângulo isósceles definido sobre viga, de acordo com a norma NBR 15812 - 2010.

Figura 4 - Esquema do carregamento linear sobre a verga na alvenaria estrutural

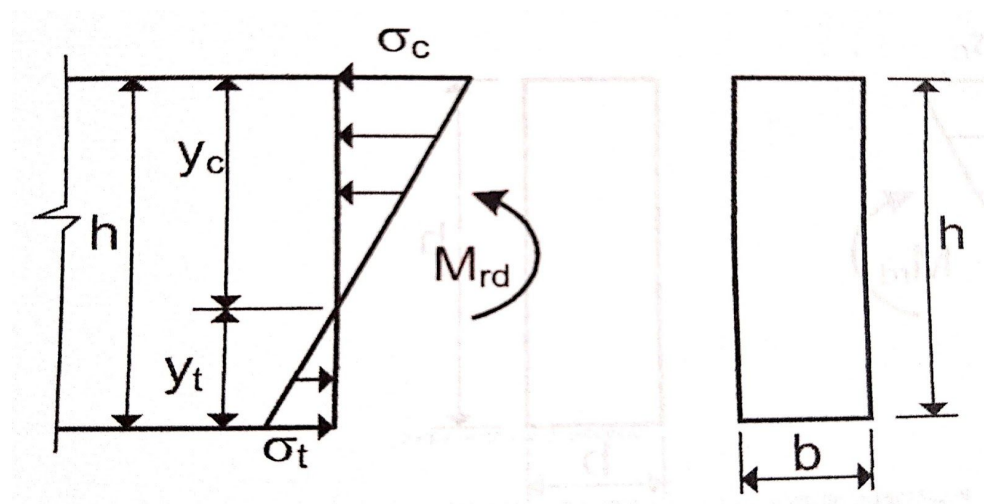


Fonte: BAPTISTA KALIL, Silvia Maria , 2009, pág. 51.

4.1 Dimensionamento da verga à flexão simples de acordo com a NBR 15812-2010

O momento fletor resistente de cálculo pode ser obtido com auxílio da figura 5, onde se admite que a peça esteja no Estádio I.

Figura 5 - Estádio I



Fonte: ARAÚJO, José Milton, 2009, pág. 42.

Deve-se limitar $\sigma_c \leq 1,30 f_{cd}$ e $\sigma_t \leq f_{td}$

σ_c = Tensão normal a compressão

f_{cd} = Resistência à compressão de cálculo de alvenaria

σ_t = Tensão normal de tração

f_{td} = Resistência característica à tração simples

Para seção retangular $y_c = y_t$ e $\sigma_c = \sigma_t$

y_c = Distância do centro de gravidade da área de compressão

y_t = Distância do centro de gravidade da área tracionada

Logo, o momento de fissuração seria dado pela seguinte fórmula $M_{rd} = \frac{b \cdot h^2 \cdot x \cdot f_{td}}{6}$

M_{rd} = Momento fletor resistente de cálculo

b = largura da verga

h = altura da verga

Dados para o cálculo da Verga:

$b = 14$ cm $h = 19$ cm

$f_{td} = 0,025$ kn/cm² (pela norma 15812-2010 item 6.3.5 seria a resistência à tração na flexão

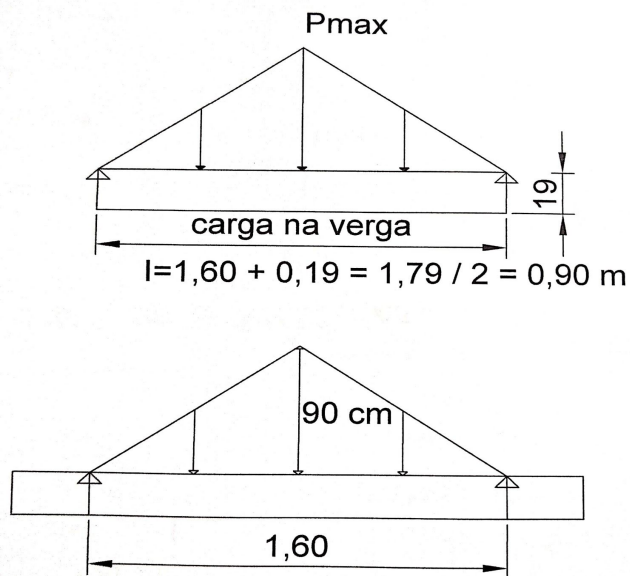
$f_{td} = (f_{tk} \cdot 0,5) / 2$)

$M_{rd} = \frac{14 \cdot 19^2 \cdot x \cdot 0,025}{6} = 21,06$ kn/cm² ou 2,1 kn/m

f_{tk} = Resistência à compressão simples da alvenaria

Para calcular a carga máxima (Pmax), deve seguir os passos descritos na figura 6, a fim de encontrar o comprimento de flexão compreendido na área triangular.

Figura 6 - Carregamento triangular na verga com dispersão de força vertical



Fonte: O Autor, 2020

Considerando $\gamma_{alv} = 14 \text{ kn/m}^3$, a carga máxima na verga é :

$$p_{max} = 14 \times 0,19 = 2,66 \text{ kn/m}$$

γ_{alv} = Peso específico da alvenaria

p_{max} = Carga máxima na região triangular da verga

Sendo o momento máximo de serviço é:

$$M_k = \frac{p_{max} \times l^2}{12} = \frac{2,66 \times 0,90^2}{12} = 0,18 \text{ kn/m}$$

M_k = Momento máximo de serviço

l = Comprimento de flexão da verga

O momento máximo solicitante de cálculo é $M_d = 1,4 \times 0,18 = 0,25 \text{ kn/m}$

Logo, $M_{rd} > M_d$ $2,10 > 0,25 \text{ kn/m}$ a verga resiste ao carregamento sem armadura.

Porém para efeito de majoração e estudo foi usado armadura mínima:

$$A_{smin} = \frac{0,10 \times 14 \times 19}{100} = 0,266 \text{ cm}^2 \text{ e por prudência foi utilizado } 2 \text{ } \theta \text{ } 8,00 \text{ mm}$$

A_{smin} = Área mínima de aço

O cálculo acima se refere à tração simples de uma verga provando ser possível utilizar vergas com armadura simples, considerando apenas as áreas de compressão como mostra o Estádio I.

De forma análoga o resultado da resistência à compressão do material obtido na tabela de 4,83 Mpa é superior ao exposto na NBR 15812-1-2010 item 6.3.5 que considera um $f_{tk} = 0,5$ Mpa, o qual é um índice de resistência à tração simples na alvenaria sob flexão, portanto é coerente afirmar sua aplicação no campo da construção civil.

4.2 - Comparativo de custo produção das vergas in loco

Para confirmar a eficiência do concreto leve na produção das vergas foram consideradas 3 linhas de produção de uma verga, sendo que a forma de construção das vergas são bastante usuais no canteiro de obras, demonstrando assim uma relação importante para a verificação do resultado final do estudo.

Na Tabela 1 o custo de produção de uma verga foi definido utilizando como referência o TCPO, o qual considera todo o material e mão de obra necessária para se produzir uma verga com forma de madeira.

Tabela 1 - Custo de produção de uma verga usando forma de madeira pela TCPO

Planilha Fôrma de Madeira - Vergas						
Ref.: SETOP						
Mão de obra com encargos de 78,33 %						
Planilha Orçamentária Fôrma de Madeira						
VERGA RETA MOLDADA NO LOCAL COM MADEIRA - FCK 13,5		TCPO - 04.085.8.1.1		Volume de concreto Verga = 0,064 m ³		
Código	Componentes	Und.	Consumo	Custo Unitário	Custo por m ³	Custo Total
1	Carpinteiro	h	16,00	R\$ 15,16	R\$ 242,56	R\$ 15,52
2	Pedreiro	h	2,00	R\$ 15,16	R\$ 30,32	R\$ 1,94
3	Servente	h	28,80	R\$ 9,81	R\$ 282,53	R\$ 18,08
4	Armador	h	4,80	R\$ 15,16	R\$ 72,77	R\$ 4,66
5	Areia Lavada	m ³	0,933	R\$ 65,00	R\$ 60,66	R\$ 3,88
6	Pedra britada 01	m ³	0,209	R\$ 85,00	R\$ 17,77	R\$ 1,14
7	Pedra britada 02	m ³	0,627	R\$ 85,00	R\$ 53,30	R\$ 3,41
8	Cimento Portland CP II	kg	268,00	R\$ 0,56	R\$ 150,08	R\$ 9,61
9	Desmoldante de fôrma para concreto	lt	2,20	R\$ 10,00	R\$ 22,00	R\$ 1,41
10	Barra de aço Ca 50 10.0 mm	kg	15,00	R\$ 35,00	R\$ 525,00	R\$ 33,60
11	Prego de duas cabeças 18x30	kg	2,13	R\$ 13,00	R\$ 27,69	R\$ 1,77
12	Arame Torcido recozido 18 mm	kg	1,20	R\$ 14,00	R\$ 16,80	R\$ 1,08
13	Pontaleta 3x3 "	m	32,00	R\$ 9,00	R\$ 288,00	R\$ 18,43
14	Sarrafo 1" x 4"	m	16,30	R\$ 2,60	R\$ 42,38	R\$ 2,71
15	Tábua de pinus 1" x 12 "	m ²	10,00	R\$ 16,00	R\$ 160,00	R\$ 10,24
16	Betoneira elétrica 2 hp	h/prod	0,306	R\$ 4,80	R\$ 1,47	R\$ 0,09
					Total	R\$ 127,57
Dimensões da Verga 240x19x14 cm = volume 0,064 m ³						

Fonte: O Autor, 2020

O custo representado na Tabela 2 mostra todo o material inclusive o EPS na produção de uma verga pré moldada com concreto leve.

Tabela 2 - Custo de produção de uma verga usando concreto leve pela TCPO

Planilha concreto Leve - Vergas						
Ref.: SETOP						
Mão de obra com encargos de 78,33 %						
Planilha Orçamentária Concreto Leve						
CONCRETO LEVE VIRADO EM OBRA			TCPO - 03.340.8.2.1	Volume de concreto Verga = 0,064 m ³		
Código	Componentes	Und.	Consumo	Custo Unitário	Custo por m ³	Custo Total
1	Servente	h	20,00	R\$ 9,81	R\$ 196,20	R\$ 12,56
2	Areia lavada tipo média	m ³	0,689	R\$ 65,00	R\$ 44,79	R\$ 2,87
4	EPS - Poliestireno expandido triturado	lts	553,00	R\$ 0,25	R\$ 138,25	R\$ 8,85
5	Cimento Portland CP II	kg	380,00	R\$ 0,56	R\$ 212,80	R\$ 13,62
6	Barra de aço Ca 50 8.00 mm	kg	15,00	R\$ 24,00	R\$ 360,00	R\$ 23,04
7	Adesivo cola PVA	kg	1,10	R\$ 23,60	R\$ 25,96	R\$ 1,66
8	Betoneira elétrica 2 hp	h/prod	0,343	R\$ 4,80	R\$ 1,65	R\$ 0,11
					Total	R\$ 62,70
Dimensões da Verga 240x19x14 cm = volume 0,064 m ³						
Densidade 1000kg/m ³ fck 4.83 mpa						
As peças de vergas pré moldadas são feitas reutilizando as formas, sendo assim o custo de forma não entra na composição, pois é muito baixo.						

Fonte: O Autor, 2020

Como terceira fonte para análise, a Tabela 3 apresenta o resultado para produção de uma verga utilizando material cerâmico (canaleta) através do TCPO.

Tabela 3 - Custo de produção de uma verga usando canaleta cerâmica pela TCPO

Planilha Canaleta de Cerâmica - Vergas						
Ref.: SETOP						
Mão de obra com encargos de 78,33 %						
Planilha Orçamentária Concreto Leve						
VERGA COM CANALETA CERÂMICA			TCPO - 04.085.8.4	Metro linear = 2.40 m		
Código	Componentes	Und.	Consumo	Custo Unitário	Custo por m	Custo Total
1	Pedreiro	h	0,40	R\$ 15,16	R\$ 6,06	R\$ 14,55
2	Servente	h	0,50	R\$ 9,81	R\$ 4,91	R\$ 11,77
3	Areia lavada tipo média	m ³	0,02	R\$ 65,00	R\$ 1,30	R\$ 3,12
4	Brita	M ³	0,01	R\$ 84,00	R\$ 0,84	R\$ 2,02
5	Cimento Portland CP II	kg	4,37	R\$ 0,56	R\$ 2,45	R\$ 5,87
6	Barra de aço Ca 50 8.00 mm	kg	0,80	R\$ 5,00	R\$ 4,00	R\$ 9,60
7	Canaleta material cerâmico 14 cm	kg	3,33	R\$ 3,50	R\$ 11,66	R\$ 27,97
8	Prego 18 x 27	kg	0,01	R\$ 15,00	R\$ 0,15	R\$ 0,36
9	Pontaletes (escora de eucalipto)	m	2,00	R\$ 2,50	R\$ 5,00	R\$ 5,00
10	Tábua de pinus 1" x 6" 15 cm	m	1,60	R\$ 4,33	R\$ 4,33	R\$ 6,93
11	Betoneira elétrica 2 hp	h/prod	0,343	R\$ 4,80	R\$ 1,65	R\$ 0,11
					Total	R\$ 72,75
Dimensões da Verga 240x19x14 cm = volume 0,064 m ³						

Fonte: O Autor, 2020

Como esperado o uso de peças pré moldadas fabricadas com concreto leve obteve melhor resultado (Gráfico 1), sendo que no custo já se mostra totalmente viável e se considerar a redução do peso na estrutura total seria ainda mais viável seu uso.

Gráfico 1 - Relação entre os custos de produção da vergas



Fonte: O Autor, 2020

5. CONCLUSÃO

O resultado encontrado nos cálculos de resistência demonstra que uma verga sendo submetida ao carregamento de uma alvenaria estrutural é de 0,52 kn/m e para resistir a este momento a verga com uso do concreto leve com EPS demonstrou através dos cálculos a resistência inicial de 2,1 kn/m, ou seja uma verga produzida com concreto leve é capaz de resistir ao esforço solicitante.

Já o resultado obtido pelo levantamento do custo de produção demonstra a viabilidade entre as formas de se produzir um verga, a qual sendo produzida antes de maneira pré moldada teve o seu custo de R\$ 62,70 e as demais ficando em torno de R\$ 127,57 e 72,75 sem levar em conta a redução de peso próprio que haveria em uma estrutura total.

Baseando-se nos resultados de compressão e tração simples e resultados tátil visual é possível confirmar a eficiência das vergas e contra vergas pré moldadas feitas com concreto

leve de EPS, considerando o custo benefício e a sua aplicação em estruturas ou elementos pré fabricados.

Deve ser considerado o uso das peças fabricadas através de critérios, que procuram quantificar as necessidades em questão, a fim de escolher o melhor traço e forma para atender sua aplicação, isto se torna fácil diante da capacidade de se chegar a uma densidade preferida e usual para cada caso.

É preciso enfatizar também que o uso do concreto leve de EPS, traz ao meio ambiente por ser um elemento totalmente reciclável e inerte, o poliestireno pode ser uma produto eficaz devido às suas características físicas, capaz de substituir o concreto convencional em estruturas onde o mesmo não se faz necessário, fazendo com que o peso da estrutura seja reduzido.

Este trabalho teve como objetivo principal a busca exploratória e experimental da resistência à compressão do concreto leve usando o EPS, sendo indispensável dizer da importância em se fazer novos testes e experimentos na área para se ter resultados ainda mais precisos a fim de completar os resultados, como seria o caso de testar uma verga pré moldada em laboratório com prensa específica.

ABSTRACT

This essay endeavored to analyze the efficiency of the use and application of lightweight concrete in civil construction. Upon an increasingly competitive market, the civil construction sector has never been more watchful about new innovative techniques and practices. Thereupon, the goal was to express the reduction in material and labor costs in the manufacture of lintels and sills with lightweight concrete. The lightweight concrete with EPS and different forms of manufacture such as the use of ceramic channel and wooden form. Furthermore, theoretical materials and tactile visual observations were used, establishing a line to appraise the strength of each material. The study displayed the pertinence of the use of lightweight concrete in precast pieces for structural purposes, such as lintels and sills. Thus, its use in small and large construction works is justified, in order to reduce material and labor costs, in addition to reducing the impact on the environment.

Keywords: Lightweight concrete. Structural analysis. Application.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P.A.S.C.; Rodrigues, D.; Stocco, W. - **Concreto leve com uso do eps** - XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Disponível em: <http://cobenge.com.br>, Sessão Técnica cod. 2443.

http://www.abnt.org.br/NBR_8953,2015/5738,2015./NBR_5739,2018.NBR15812-1-2010.

CATOIA, T. **Concreto ultraleve estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2012.

<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/301>

<https://doi.org/10.18256/2358-6508.2018.v5i1.2173>

<http://fumec.br/revistas/construindo/article/view/5629>

SIQUEIRA, V.M.; Stramari, M.R.; Folgueras, M.V. - **Adição de Poliuretano Expandido para Confecção de Blocos de Concreto Leve** - Revista Matéria, v.9, n.4, pp.399-410, 2004. Disponível em: <http://materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10607>.

ROSSIGNOLO, João Adriano; AGNESINI, Marcos Vinicio Costa. **Concreto leve estrutural**. In: Concreto : ciência e tecnologia[S.l: s.n.], v. 2. , 2011.

PEREIRA, J. J.; VANALLI, L. ; SOUZA, R. A. . Aplicação de Resíduos de Poliestireno Expandido (EPS) para a Fabricação de Lajotas de Concreto Leve. In: 56º Congresso Brasileiro do Concreto, 2014, Natal. Anais do 56º congresso brasileiro do concreto, 2014.

ABNT. Alvenaria estrutural. Blocos cerâmicos. Parte 1: Projeto. Parte 2: Execução e controle de obras. NBR-15812. Rio de Janeiro, 2010.

SOUZA LIMA, Dieison; **Estudo Comparativo entre o Concreto Leve de Pet e o Concreto Leve de Eps** v. 13 n. 13 (2018), pág. 27. Disponível em: <http://www.revista.pgsskroton.com>

ARAÚJO, José Milton. **Alvenaria Estrutural**- FURG, Universidade do Rio Grande do Sul, 2009.

HELENA, Maiko S. **Estudo para aplicação de poliestireno expandido (EPS) em concretos e argamassas**. 2009. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

BATTAGIN, I. L. S; BATTAGIN, A. F; SBRIGHI NETO, C. A norma técnica de reação álcali-agregado faz seu primeiro aniversário. **Concreto & Construções**, São Paulo. n. 54 p. 34-47, abr.-jun. 2009.