

Otimização da produção do concreto celular espumoso orgânico com adição de cinasita ou rejeito plástico e areia

Kátia Araújo Allende (UFF) katiallende@uol.com.br

Itamar Messias de Freitas (UFF) itafreitas@predialnet.com.br

Fathi Aref Ibrahim Darwish (UFF) fadarwish@poscivil.uff.br

Resumo

O alto consumo do cimento na produção do concreto celular é a parcela de mais alto custo da mistura espuma-cimento, tornando-se um fator impeditivo à maior diversificação de sua aplicação na indústria de pré-moldados da construção civil. A presente pesquisa teve finalidade de incluir agregados leves e areia às misturas objetivando reduzir a quantidade de cimento por metro cúbico, isso é, aumentar o volume de produção sem perder as características mecânicas muito menos a característica principal de baixo peso específico. Realizou-se um estudo do material concreto celular espuma-cimento com adição de cinasita ou rejeito plástico industrial e areia, produzido por processo de agitação mecânica, utilizando o tipo de aditivo promotor de espuma orgânico à base de sangue de boi, disponível no comércio do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Destacaram-se as vantagens e desvantagens do uso de cada um dos agregados adicionados tanto em relação ao volume de produção observando também a não ocorrência de redução da resistência à compressão ou aumento demasiado da massa específica a qual caracteriza o concreto celular como um concreto leve. Palavras chave: concreto celular, rejeito plástico, cinasita, volume e produção.

1. Introdução

O concreto celular é um produto que, apesar de suas excelentes vantagens no uso como isolante térmico de baixo peso específico, ainda vem sendo pouco utilizado na indústria de pré-moldados da construção civil, seja como bloco de alvenaria ou placas de divisórias. O concreto celular é basicamente formado por bolhas de ar ou gás em matriz sólida, geralmente cimentícia e podem ser incorporados à matriz por processos químicos ou mecânicos. Na fabricação do concreto celular espuma-cimento são consumidos aproximadamente sete sacos de cimento por metro cúbico, dosagem recomendada pelo fabricante do aditivo incorporador de ar no Brasil. Esta alta proporção do cimento Portland onera bastante o custo da produção e também causa um elevado grau de fissuração, devido às altas taxas de retração. Entretanto, a despeito destas desvantagens, suas aplicações na construção civil são extensas.

LEGASTSKI (1994) destaca também a utilização do concreto celular como isolante acústico, superfície corta-fogo, enchimento de lajes com rebaxos, reabilitação de pisos em construções antigas, camadas de regularização de lajes de impermeabilizações, bases de pistas de auto-estrada, aeroportos e estradas de ferro, e até como solução alternativa na área geotécnica como substituição e/ou reforço de solos pobres.

FERREIRA (1986) divide as aplicações do material em concretagem “in-loco” e produtos pré-moldados como blocos e placas divisórias. Como exemplo de aplicação do primeiro caso, além dos já citados lembra da propriedade de absorção de energia ao choque, sendo utilizado como assentamento de tubulações subterrâneas e groutamento de túneis subterrâneos; e da propriedade como isolante térmico no uso como revestimento em tanques armazenadores de gasolina, gás natural liquefeito e produtos químicos, frigoríficos e fornos de alta temperatura.

Neste estudo se utilizou o agregado pesado, areia, com o objetivo de manter a resistência mecânica do material mesmo sabendo-se da redução de volume de bolhas macroscópicas e conseqüentemente de volume de produção e, o agregado leve, cinasita ou rejeito plástico, com o objetivo de aumento do volume de produção e redução de custo com aumento de volume de produção mantendo-se o mesmo fator água/cimento e também a quantidade de cimento das matrizes orgânica e inorgânica.

2. Programa experimental

Para a comparação entre os dois tipos de agregados leves utilizados, manteve-se a mesma proporção de adição nas misturas em peso de cimento. Utilizou-se areia de diâmetro máximo 1,18 mm, módulo de finura 3,98 e massa específica aparente de 1240 kg/m³. O sistema de identificação dos traços foi feito com a indicação do tipo agregado utilizado como primeira letra (A para argila expandida e P para o rejeito plástico), a segunda letra representa o tipo de aditivo espumígeno utilizado (N para o tipo orgânico e B para o inorgânico), o primeiro número indica a ordem crescente do fator areia/cimento e o segundo número indica a ordem crescente de fator agregado/cimento. As dosagens foram fixadas em peso como fatores cinasita/cimento, $f_{c/c}$, e rejeito plástico/cimento, $f_{rp/c}$. As tabelas 1 e 2 mostram os traços produzidos para os dois agregados utilizados para comparação entre os aditivos.

AGREGADO Cinasita	Fator $f_{ar/c} = 0,00$	Fator $f_{ar/c} = 0,40$	Fator $f_{ar/c} = 0,80$	Fator $f_{ar/c} = 1,20$
Fator $f_{c/c} = 0,00$	N1 (Matriz)	N11	N21	N31
Fator $f_{c/c} = 0,30$	AN2	AN12	AN22	AN32
Fator $f_{c/c} = 0,45$	AN3	AN13	AN25	AN33
Fator $f_{c/c} = 0,60$	AN4	AN14	AN24	AN34
Fator $f_{c/c} = 0,75$	AN5	AN15	AN25	AN35

Tabela 1 – Traços do planejamento fatorial de dois fatores controlados: a argila expandida (cinasita) e areia

AGREGADO Rejeito plástico	Fator $f_{ar/c} = 0,00$	Fator $f_{ar/c} = 0,40$	Fator $f_{ar/c} = 0,80$	Fator $f_{ar/c} = 1,20$
Fator $f_{rp/c} = 0,00$	N1 (Matriz)	N11	N21	N31
Fator $f_{rp/c} = 0,30$	PN2	PN12	PN22	PN32
Fator $f_{rp/c} = 0,45$	PN3	PN13	PN23	PN33
Fator $f_{rp/c} = 0,60$	PN4	PN14	PN24	PN34
Fator $f_{rp/c} = 0,75$	PN5	PN15	PN25	PN35

Tabela 2 – Traços do planejamento fatorial de dois fatores controlados para o rejeito plástico e areia

2.1 Aditivo promotor de espuma

Os agentes espumígenos orgânicos são produzidos a partir de proteínas de origem animal. Este tipo de aditivo permite uma maior estabilidade volumétrica do concreto celular espumoso produzido por causa da maior resistência da superfície da bolha ou célula formada devido à neutralização e estabilização química da proteína. Apesar de sua composição química não ter sido divulgada em sua totalidade, obteve-se a informação verbal de um técnico do fabricante de que o aditivo N é produzido a partir de sangue bovino. Acredita-se que a formação da superfície da bolha de ar assemelha-se ao processo de coagulação do sangue, onde as células sanguíneas são aprisionadas por um emaranhado de fios microscópicos formados a partir da fibrina. As bolhas formadas são bastante resistentes e observou-se que a redução de volume por causa da adição do cimento foi pequena. O volume médio de espuma formada no traço da matriz foi de 76,45 litros e após a adição do cimento o volume da mistura medido foi 51,64 litros, ou seja, observa-se uma redução de volume de somente 32,45%. Maior redução de volume foi observada ao se adicionar a areia, porém com a adição do segundo agregado pode-se observar grandes aumentos do volume de produção.

2.2 Cinasita

Segundo GEA, et al (2003) a argila expandida ou cinasita (Figura 1) é um material cerâmico com uma estrutura altamente porosa, de elevada resistência mecânica e inerte, atendendo às especificações apresentadas acima. A matéria prima natural utilizada para a produção da argila expandida é um tipo de argila especial pré-histórica de idade entre 60 e 70 milhões de anos. O primeiro identificador da argila que pode ser usada se transformar em argila expandida, ou seja, uma argila que tenha capacidade de expansão, é conter “agonitas” e fósseis. (BRAVO; ESPINOSA, 2003). O material extraído da natureza é então triturado de modo que se obtenha partículas muito finas, com uma granulometria de 0 a 6mm. Estas partículas esféricas “cruas” são submetidas a um choque térmico de 1000°C a 1200°C em forno rotativo onde se fundem rapidamente, ao mesmo tempo, que se produz uma combustão do material orgânico no interior do grão da argila. (GEA, et al, 2003)

A elevação brusca da temperatura acarreta também a formação de uma “capa” superficial vitrificada no grão de argila, isto é, ocorre a ceramização da superfície do grão, o que impede a saída dos gases formados no seu interior obrigando-o a um inchamento. Os gases que conseguem sair do grão são imediatamente oxidados, nesta alta temperatura, e permanece no interior do grão da argila expandida uma fração residual de caráter carbônico (coque) de cor preta característica. Tanto SARKAR (1999) como LO; GAO (1998); AL-KHAIAT; HAQUE (1999); VINCENT (2003) e ROSSIGNOLO et al (2002) utilizaram a argila expandida (cinasita) como agregado adicionado à mistura de concreto na forma saturada, ou melhor dizendo, com superfície saturada-seca, apesar da baixa permeabilidade da superfície externa da argila como maneira de se evitar perdas na aderência agregado-pasta de cimento. Este cuidado juntamente com a cura úmida do concreto produzido com este agregado garante uma melhor hidratação da pasta de cimento e conseqüentemente uma menor permeabilidade e maiores resistências mecânicas do concreto.

CARACTERÍSTICAS	CINASITA
Massa específica aparente (kg/m ³)	353
Massa específica seca (kg/m ³)	345
Massa específica saturada (kg/m ³)	610
Diâmetro máximo (mm)	25
Absorção (% vol / 24h)	8,3

Tabela 3 – Características da cinasita



Figura 1 – Cinasita (à esquerda) e rejeito plástico (à direita) – aspecto dos grãos

2.3 Rejeito plástico industrial

De acordo com NASCIMENTO (1997) o termo rejeito pode ser entendido também como dejetos ou resíduos. A NBR 10004 considera a seguinte definição para os resíduos sólidos: “resíduos sólidos são os resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de

atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, agrícola, de serviços e de varrição”. De acordo com a NBR 10004 os resíduos sólidos são classificados segundo a sua periculosidade como: classe I (perigosos): classe II (não-inertes): classe III (inertes). Pode-se designar o material plástico sólido proveniente da indústria farmacêutica como sendo constituído por vários tipos de plásticos, com diferentes características físicas e químicas. O rejeito plástico utilizado neste estudo é proveniente de aparas e sobras do processo industrial de embalagens e produtos de uma indústria farmacêutica do Estado do Rio de Janeiro.

Em relação às características físicas e mecânicas, pode-se ressaltar a característica de baixo módulo de elasticidade dos plásticos, de um modo geral. Os módulos de elasticidade dos plásticos são inferiores a 10^3 kgf/mm² para plásticos de estruturas tridimensionais e por isso, mais rígidas, podendo chegar a valores de 10kgf/mm² (VAN VLACK, 1920). O rejeito plástico foi submetido à caracterização granulométrica e suas características foram determinadas no Laboratório de Estruturas, Modelos e Argamassa da UFF (LEMA) e são apresentadas na Tabela 4.

CARACTERÍSTICAS	REJEITO PLÁSTICO
Massa específica aparente (kg/m ³)	355
Diâmetro máximo (mm)	6,30
Módulo de finura	5,63
Massa específica real	1,02
Absorção (24h)	0,00

Tabela 4 – Características físicas do rejeito plástico proveniente da indústria farmacêutica

2.4 Procedimentos de produção, cura e moldagem dos corpos de prova

A descrição do concreto celular feita por LEGATSKI (1994) é explicativa segundo seu processo de fabricação: O concreto celular de “cimento puro” (espuma-cimento ou matriz) é constituído de cimento Portland, água e aditivos promotores de espuma. A espuma é pré-formada em um misturador de tubo vertical a partir da mistura de água e aditivo somente. Após a formação da espuma, adiciona-se o cimento Portland, formando assim o “slurry” ou “cement grout” (lama de cimento) cheia de bolhas de ar aprisionadas no interior da matriz através do processo de agitação imposto à mistura.

A espuma deste estudo foi produzida misturando-se o aditivo e a água por um tempo de 5 minutos. Em seguida, adicionou-se o cimento, aos poucos, com o misturador em movimento. Promoveu-se a mistura manual, ao mesmo tempo em que a mistura mecânica, utilizando-se um bastão de modo a se garantir uma perfeita homogeneização da espuma com o cimento adicionado. Após a produção da matriz de concreto celular espumoso, procedeu-se à adição dos agregados. Do mesmo modo que o cimento, os agregados foram adicionados com o misturador em movimento, por mais três minutos. Torna-se importante lembrar que a fluidez do material concreto celular espumoso tornou a moldagem dos corpos de prova mais simples: Os corpos de prova foram moldados despejando-se a mistura, coletada em baldes, sobre eles a uma altura aproximada de 15 cm, lentamente. A cura dos corpos de prova moldados para este estudo foi a cura úmida por imersão dos corpos de prova, em água, durante o período de 56 dias, conforme indicação da DIN 4164.

3 Resultados e análise

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados gráficos comparativos das propriedades para as misturas produzidas com cinasita e rejeito plástico respectivamente.

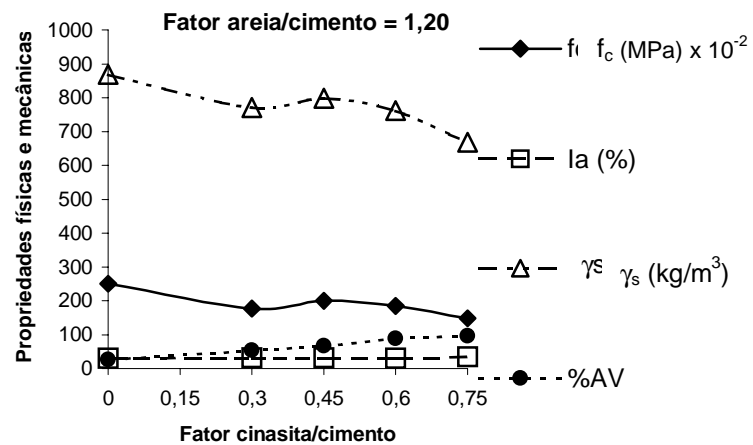
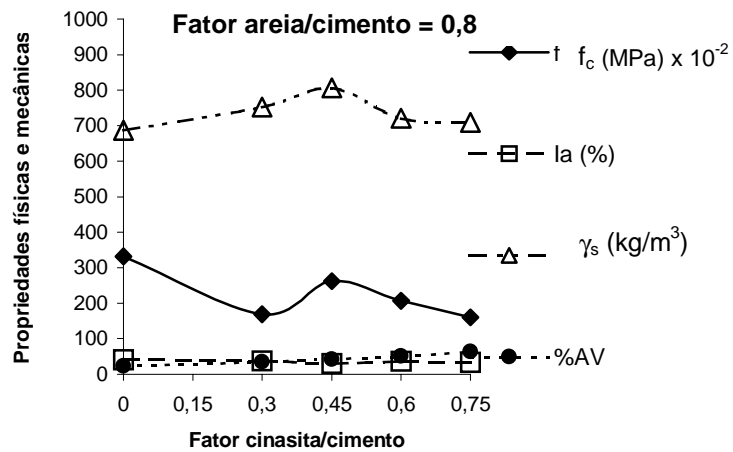
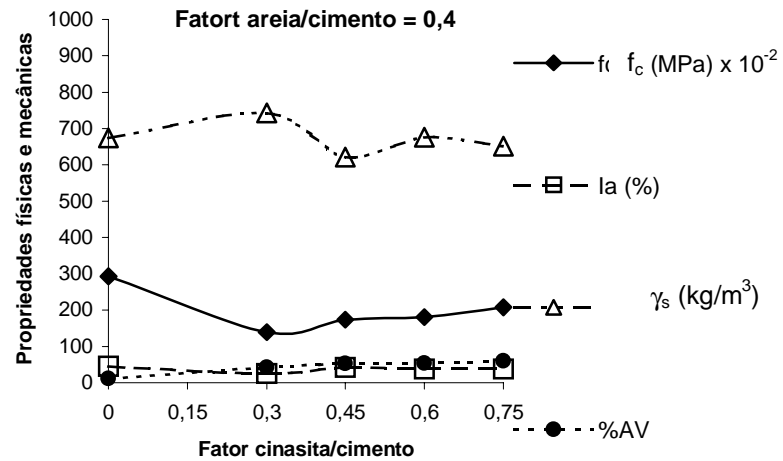
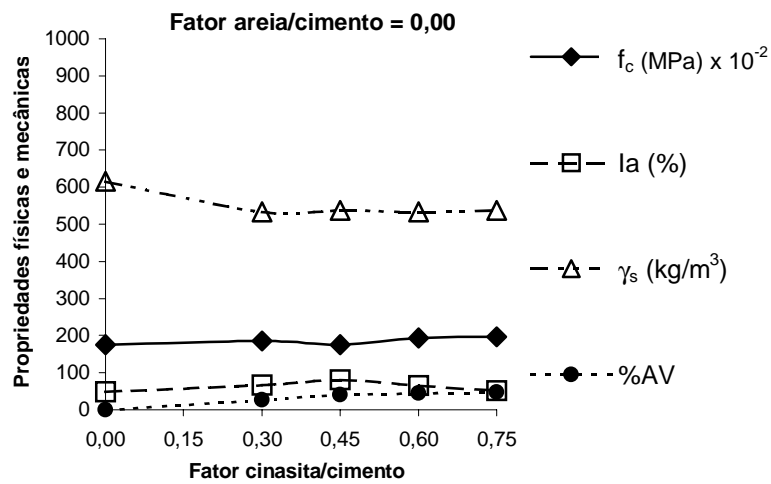


Figura 2 – Principais propriedades do concreto celular espumoso orgânico com cinasita para os fatores areia/cimento estudados

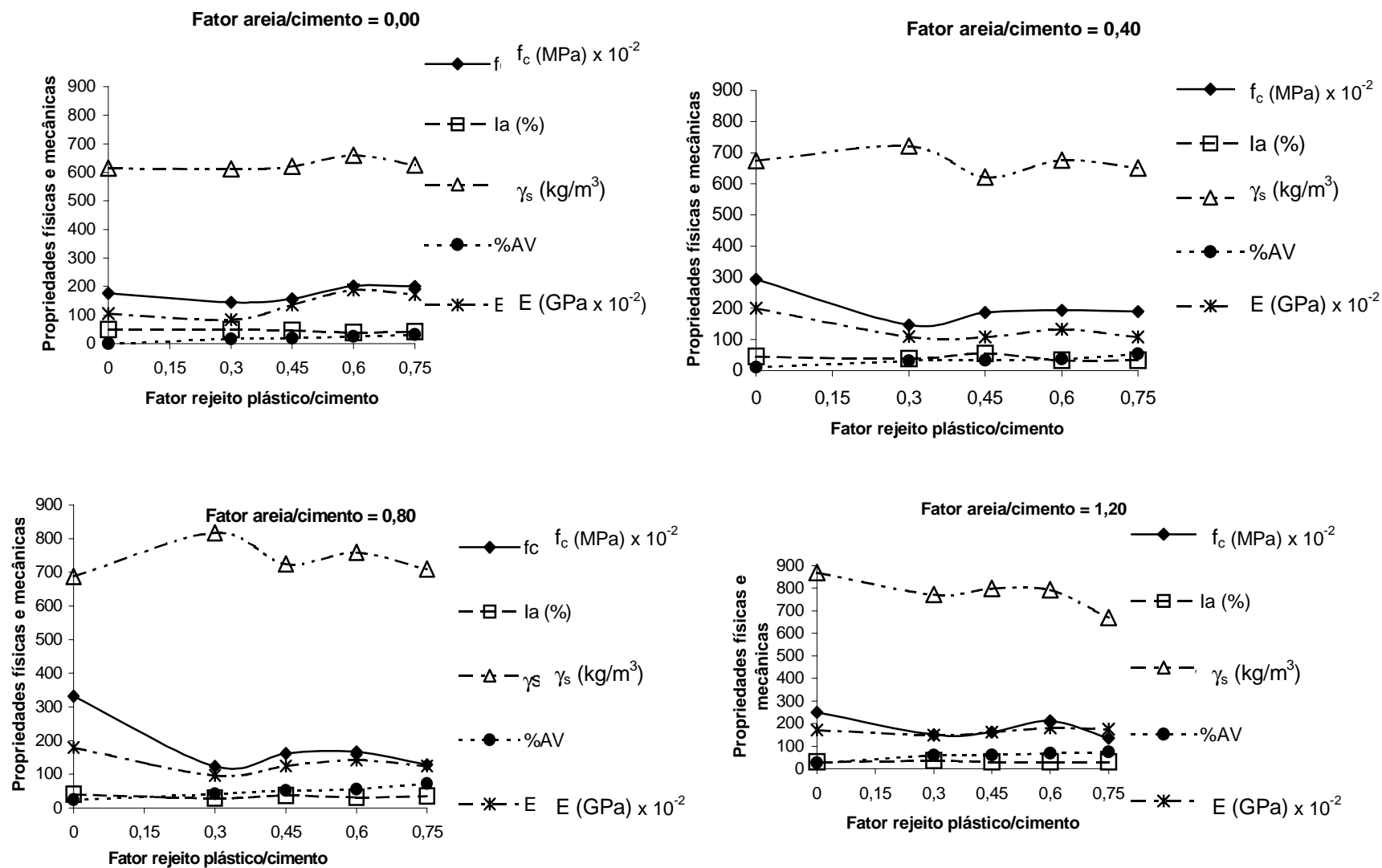


Figura 3 – Principais propriedades do concreto celular espumoso orgânico com rejeito plástico para os fatores areia/cimento estudados

Através da observação das Figuras já citadas, verifica-se que a perda inicial de resistência, em relação às séries de controle com adição de areia, existe para todos os fatores areia/cimento ($f_{ar/c}$). Entretanto, são observados ganhos de resistência à compressão nas misturas. Para um nível de significância de 5% foi observada a influência do fator cinasita/cimento ($f_{c/c}$) na resistência à compressão. Apesar da adição do agregado leve, cinasita, inicialmente reduzir a resistência à compressão das matrizes de controle com areia, as misturas com adição de agregado leve e areia têm suas resistências à compressão melhoradas em algumas misturas específicas onde os traços são considerados “ótimos”, ou seja, existe um ganho de resistência em relação á matriz sem adição de areia e um aumento de volume de produção. A utilização da areia se justifica por ser responsável pelo aumento da resistência à compressão.

Os valores máximos de resistência à compressão, para todos os fatores areia/cimento, foram observados para o fator $f_{rp/c} = 0,60$. A diminuição dos níveis de resistência nos $f_{rp/c} = 0,75$ também ocorreu para os valores das massas específicas e do módulo de elasticidade. Houve pequeno aumento da porosidade porcentual e do índice de absorção para a máxima adição de rejeito plástico $f_{rp/c} = 0,75$ em relação ao $f_{rp/c} = 0,6$.

Nas misturas com adição de areia e rejeito plástico observa-se um comportamento semelhante ao comportamento do concreto convencional onde o aumento da porosidade e do índice de absorção diminui os valores nominais das resistências mecânicas. Também, similarmente ao concreto convencional, acredita-se que a diminuição de resistência para os fatores rejeito plástico/cimento = 0,75 ocorre por causa do grande volume de agregados e da superfície de aderência destes, tornando a quantidade de aglomerante insuficiente para promover a aderência entre todos os grãos.

4. Conclusão

Observou-se que as misturas produzidas com adição dos agregados leves, cinasita ou rejeito plástico, obtiveram comportamentos resistentes e volumétricos distintos por causa de suas diferentes granulometrias.

Em relação aos custos de produção houve economia nos traços AN34 e PN34 por causa da redução do consumo de cimento por metro cúbico com considerável aumento do volume de produção tanto para o uso de cinasita ou de rejeito plástico.

A adição dos agregados leves às matrizes espumosas orgânicas com areia reduziu as propriedades mecânicas (como a resistência á compressão) para misturas com o fator agregado leve/cimento 0,75, indicando que ocorreu deficiência do aglomerante para a grande quantidade de agregados inertes adicionada à matriz espumosa. Somente na matriz espumosa sem areia não ocorreu esta redução.

O agregado leve rejeito plástico é mais indicado na produção do concreto leve de matriz de concreto celular orgânico porque além de não ter custo sua utilização contribui para uma destinação de um rejeito industrial que, atualmente, é lançado em lixões urbanos e poluindo o meio ambiente.

O objetivo deste estudo experimental de aumentar o volume de produção do concreto celular espumoso sem que houvesse perda das propriedades físicas e mecânicas da matriz original foi alcançado utilizando-se o agente espumígeno orgânico e os agregados areia e cinasita ou areia e rejeito plástico industrial. Os traços considerados ótimos poderão ser utilizados para a produção de elementos pré-moldados industriais como blocos de alvenaria e placas de divisórias.

Referências

AL-KHAIAT, Husain; HAQUE, Naser *Strenght and Durabilty of Lightweight and Normal Weight Concrete*. Journal of Materials in Civil Engineering, august 1999, p. 231-235.

BRAVO, Luis; ESPINOSA, Carlos *Arlita*. Barcelona – Espanha. Disponível em: <http://www.cederaitana.com/habitataecologic/paneles/pon/text/arlitatxt> Acesso em: 18/12/2003.

DEUTSCH INDUSTRIE NORME (D.I.N.) Cellular Concrete; DIN 4164, Berlin s.d.

FERREIRA, Osvaldo Aguiar Rocha. *Concretos Leves: O Concreto Celular Espumoso* Dissertação de Mestrado . São Paulo, USP, 1987,134 p.

GEA, M.; HOYOS, D.; IRIARTE, A.; LESINO, G. *Estudio de arcilla expandida como relleno de intercambiadores para esfriamiento evaporativo*. Avances em Energia Renovables y Medio ambiente, vol 7, no. 2, 2003, Argentina, p. 08-37 a 08-42. Disponível em: www.asades.org.ar/averna/7-2003/art085.pdf Acesso em: 18/12/2003.

LEGATSKI, Leo A. *Cellular Concrete*. STP169-C, Significance of Test and Properties of Concrete – Manqing Materials – ASTM Publications Code Number (PCN) 04-169030-07, 1994, p. 533-539.

LO, Y.; GAO, X. F.; JEARY, A. P. *Microestruure of Pre-wetted Aggregate on Lightweight Concrete*. Building and Environment, no.34, 1999, p. 759-764.

NASCIMENTO, Luis Felipe. *Resíduos Sólidos Urbanos*. Disponível em: <http://disciplinas.adm.ufrgs.br/engambiental/download/AULA%204%20-%20RSU.ppt>. Acesso em: 18/02/2004.

ROSSIGNOLO, João A.; AGNESINI, Marcos V. C.; MORAIS, Jerusa A . *Properties of High-performace LWAC for Precast Structures with Brazilian Lightweight Aggregates*. Cement & Concrete Composite no. 25, 2003, p. 77-82.

SRAKAR, Shodeep L. *Durability of Lightweight Aggregate Pavement*. Concrete International, may 1999, p. 32-36.

TEIXEIRA FILHO, Fernando José *Considerações sobre algumas propriedades dos concretos celulares espumosos*. Dissertação de Mestrado, Escola politécnica da USP, São Paulo, 1992, 112p.

VAN VLACK, Lawrence H. *Princípios das ciências dos materiais*. Traduzido por Luiz Paulo Camargo Ferão, Edgard Blücher, 1920, Reedição - Edição da Universidade de São Paulo, 1970, 427p.

VINCENT, Edward C. *Compressive Creep of a Lightweight High Strenght Concrete Mixture*. Dissertação de Mestrado. Virgínia Poltechnic Institute and State University, january 2003, Blackbirg - VA, USA, 137p.