



INFLUÊNCIA DE ADITIVOS NA PLASTICIDADE E EXTRUDABILIDADE DE ARGILAS PLÁSTICAS PARA USO NA CONFEÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS PARTE I

K.R. Barboza¹, R. S. Macedo², G. A. Neves², H. C. Ferreira²

Av. Aprígio Veloso, 882 – Campus I
58109-970 – Campina Grande – Paraíba
E-mail: reginaldo@dema.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande

¹Aluno de graduação de Eng. de Materiais

²Departamento de Engenharia de Materiais – CCT/UFCCG

RESUMO

Nos últimos anos tem-se estudado as massas na indústria de cerâmica vermelha visando à obtenção de produtos de melhor qualidade. Neste estudo busca-se, através de aditivismos, a redução da água de moldagem visando uma melhor trabalhabilidade e consistência da massa. Os aditivos químicos visam reduzir a água de moldagem, sem alterar a extrudabilidade das massas sem prejudicar as suas propriedades físico-mecânicas. Os aditivos estudados nas proporções de 0,5; 1,0 e 1,5% são: amido solúvel; bentonita cálcica; bentonita sódica; carbonato de sódio; carbometilcelulose; cloreto de magnésio; detergente em pó; dextrina branca; hexametáfosfato de sódio e silicato de sódio. Os resultados obtidos mostram que com o uso de aditivos em proporções adequadas é possível diminuir o limite de plasticidade da amostra analisada, o que permite extrudar blocos cerâmicos com uma redução da umidade de moldagem, resultando em economia energética no processo produtivo.

Palavras chave: aditivos, limite de plasticidade, extrudabilidade, cerâmica vermelha, massa cerâmica.

INTRODUÇÃO

Em se tratando especificamente do processo de fabricação de cerâmica vermelha, utiliza-se geralmente uma composição de duas ou mais matérias-primas,



além de aditivos (*produtos químicos auxiliares que contribuem para a melhoria contínua do processamento cerâmico*) e água⁽¹⁾.

O estudo da plasticidade de massas plásticas tratadas com diferentes aditivos tem como objetivo reduzir a água de moldagem, sem alterar sua extrudabilidade. Com isso, deseja-se no processo de fabricação de blocos cerâmicos, a extrusão do material com uma quantidade menor de água^{(2), (3)}. Tal redução acarreta um menor gasto de energia para a secagem da massa extrudada, tornando o processo mais econômico. A variação entre o valor do limite de plasticidade da massa original e o seu valor para a massa mais aditivo se dá, tanto no sentido de redução como no de aumento do limite de plasticidade. É desejável que se mantenham ou diminuam os valores das propriedades físicas, tais como: *massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente* da massa plástica, enquanto que para a tensão de ruptura à flexão deseja-se manter ou aumentar seus valores⁽⁴⁾.

Visando dar continuidade ao estudo das matérias-primas para utilização na indústria de cerâmica vermelha, fornecendo informações acerca da qualidade da argila vermelha paraibana, e sua respectiva faixa ideal de extrudabilidade, o presente estudo tem dois objetivos: i) procurar delimitar a faixa ótima de água de extrusão, através de equipamento de laboratório, em massas cerâmicas naturais e aditivadas, e relacionando esta faixa de teores de umidade com os limites de Atterberg, determinados de forma convencional e ii) procurar diminuir o teor de água de extrusão através do uso de aditivos, de forma a reduzir os custos de secagem no ciclo produtivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Massas plásticas

Foi coletada uma amostra de massa plástica para cerâmica vermelha oriunda de uma indústria cerâmica localizada no município de Massaranduba no Estado da Paraíba. A amostra foi coletada diretamente na esteira, após o processo de moagem e laminação da unidade de produção de blocos cerâmicos em funcionamento.

Aditivos



Procurou-se adotar aditivos bem diversificados, alguns flocculantes, outros deflocculantes, como produtos que alteraram os valores das propriedades físico-mecânicas. São os seguintes os aditivos utilizados no presente trabalho: A1 – *amido solúvel*; A2 – *Bentonita cálcica*; A3 – *Bentonita sódica*; A4 – *carbonato de sódio* - (Na_2CO_3); A5 – *carboximetilcelulose* – CMC; A6 - *cloreto de magnésio* – $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; A7 – *detergente em pó*; A8 - *dextrina branca* – $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_{n-x} \cdot \text{H}_2\text{O}$; A9 – *hexametáfosfato de sódio* – $(\text{NaPO}_3)_n$; A10 – *silicato de sódio* – $(\text{Na}_2\text{SiO}_3)$

Métodos

Os ensaios de caracterização da amostra estudada nesta pesquisa incluem: caracterização física, que é constituída pela análise granulométrica por peneiramento e sedimentação e pelas características de plasticidade. A caracterização mineralógica é constituída pela análise térmica diferencial (ATD) e análise termogravimétrica (ATG).

As análises granulométricas por peneiramento e sedimentação foram determinadas por via úmida com material passando 100% em peneira ABNT n^o. 200 (0,074 mm).

As características de plasticidade - limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP) das amostras em estudo - foram determinadas segundo o método da NBR 6459-84⁽⁵⁾ e NBR 7180-84⁽⁶⁾.

As análises termodiferenciais (ATD) e termogravimétricas (ATG) foram obtidas através de um sistema de Análises Térmicas, modelo RB-3000 da BP Engenharia, com razão de aquecimento 12°C/min. A temperatura máxima para ATD e ATG foi de 1000°C e o padrão utilizado na ATD foi óxido de alumínio (Al_2O_3), calcinado.

Para a determinação das propriedades tecnológicas, foram realizados os ensaios completos segundo a sistemática proposta pela American Ceramic Society, adaptada por Santos⁽⁷⁾. A massa natural foi umedecida com a umidade de extrusão da unidade fabril (19,97%) e foram confeccionados corpos de prova nas dimensões de 10,0 x 2,0 x 1,0 cm³, extrudados em maromba de laboratório. Na etapa seguinte, todos os corpos de prova, ficaram em repouso, à temperatura ambiente por um período mínimo de 24 horas; em seguida, foram secos em estufa a 110°C por mais um período de 24 horas e posteriormente sinterizados nas temperaturas de queima de 800°C, 900°C e 1000°C, em forno de atmosfera oxidante, com uma taxa de

aquecimento de 2°C/min e na temperatura máxima, foi mantido em patamar por 2 horas, completando assim, um ciclo de queima de 10 horas. O resfriamento foi realizado naturalmente por convecção natural, após desligamento do forno.

Massa plástica aditivada

A massa plástica, após ser moída passada em peneira ABNT nº. 80 (0,18 mm), foi aditivada nas proporções de 0,5; 1,0 e 1,5% de aditivo para 100g de massa plástica, misturados em uma masseira modelo Blakeslee com capacidade de 30 litros e umedecidos por um processo de gotejamento manual, com água + aditivo. Em seguida acondicionada em saco plástico para sazonalidade por um período de cinco dias, quando foi queimada e ensaiada nas mesmas condições dos corpos de prova confeccionados com a massa em seu estado natural.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados da análise granulométrica por peneiramento e sedimentação. Nela verifica-se que a massa plástica apresenta valores de diâmetros médios das partículas equivalentes que passam em relação à amostra total de 67,72%, em peso de partículas com diâmetro equivalente abaixo de 74µm. Comparando o valor com a literatura, verifica-se que ele está na faixa aceitável, segundo Santos⁽⁷⁾. Em relação à norma técnica NBR 7181-84⁽⁶⁾, observa-se ainda que a amostra estudada é constituída de: 35% de argila; 26% de silte; 23% de areia fina; 10% de areia média e 5% de areia grossa.

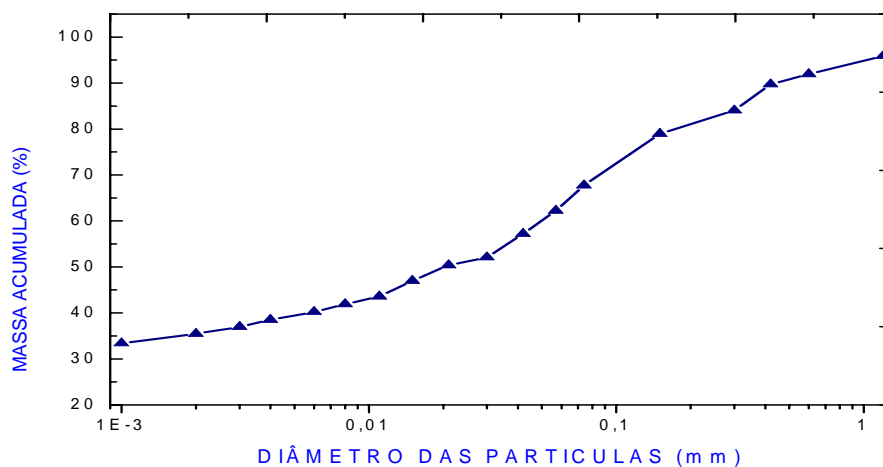


Figura 1 – Distribuição do tamanho de partículas da amostra por peneiramento e sedimentação.

A Figura 2 apresenta as curvas de ATD e ATG da amostra estudada. Analisando os termogramas, verifica-se que a amostra apresenta o seguinte comportamento: um pico endotérmico a 125°C, de alta intensidade, característico de água livre e adsorvida; uma banda exotérmica entre 125 e 500°C, característica da presença de matéria orgânica; um pico endotérmico de elevada intensidade com um máximo a 545°C, característico da presença de hidroxilas; um pequeno pico exotérmico a 582°C de baixa intensidade; e um pico exotérmico a 861°C, de média intensidade, característico da nucleação de mulita.

Analisando a curva termogravimétrica dessa amostra, verifica-se que há uma perda de massa de 2,0% correspondente à água livre entre a temperatura de 25 e 113°C; perda de massa de 6% entre 113 e 476°C, correspondente à perda de matéria orgânica e hidroxilas; perda de massa de 3% entre 476 e 601°C, oriunda da matéria orgânica na forma de grafite.

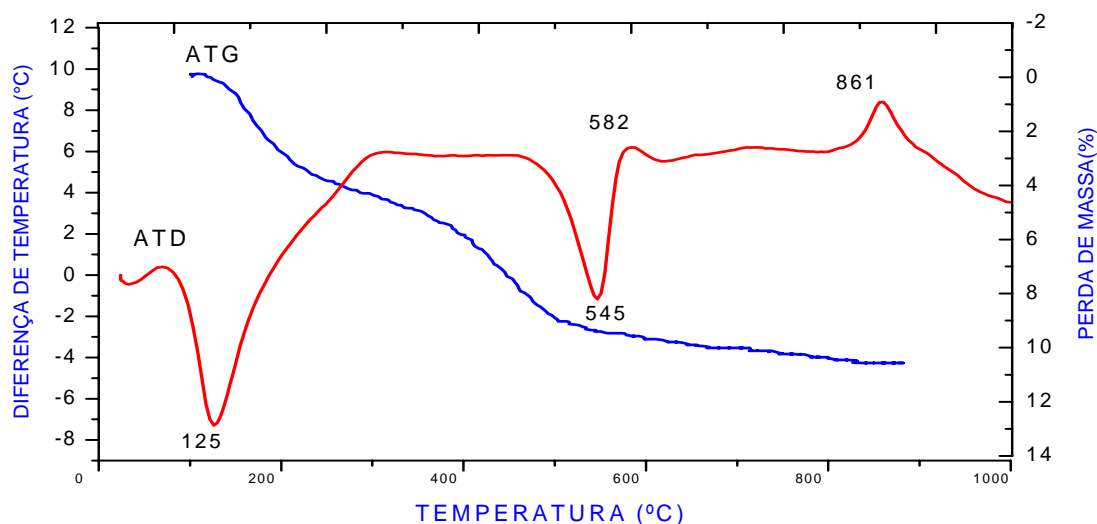


Figura 2 – Termogramas da amostra de massa plástica analisada.

Em uma análise conjunta das características dos termogramas da amostra analisada, nota-se que ela está de acordo com os termogramas apresentados pelos padrões brasileiros do grupo da cerâmica vermelha, segundo Santos⁽⁷⁾. Nota-se que a caulinita mal cristalizada é o argilomineral predominante, apresentando, também perda de água e matéria orgânica, o que foi observado também por Neves⁽⁸⁾ e Campos⁽⁹⁾, em estudos semelhantes com argilas desse grupo no Estado da Paraíba.

A Tabela I apresenta os resultados obtidos para os índices de Atterberg (LL, LP e IP), com a amostra no estado natural (*sem aditivos químicos*), na qual se



observa que os valores estão acima do mínimo recomendado⁽⁵⁾ para processamento de cerâmica vermelha.

Tabela I - Índices de Atterberg da amostra, em estado natural.

LIMITE DE LIQUIDEZ (%)	LIMITE DE PLASTICIDADE (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%)
37,5	19,8	17,7

A Tabela II apresenta os resultados obtidos para os índices de Atterberg da amostra de massa plástica aditivada. Analisando os resultados, verifica-se que não houve variações significativas em relação aos valores das características de plasticidade da massa em seu estado natural, exceto para os dados resultantes do ensaio com o aditivo A5, nas diversas proporções: A8; A9 e A10 (a 0,5%), que estão muito acima do valor do LP da amostra sem aditivos.

Tabela II – Índices de Atterberg da amostra aditivada.

SIMB*	ADITIVO	PORCENTAGEM DE ADITIVO								
		0,5%			1,0%			1,5%		
		LL	LP	IP	LL	LP	IP	LL	LP	IP
A1	Amido Solúvel	34,8	17,8	17,0	34,4	16,7	17,7	35,2	17,1	18,1
A2	Bentonita Cálcica	34,0	19,8	14,2	34,4	19,0	15,4	37,2	18,4	18,8
A3	Bentonita Sódica	33,5	18,8	14,7	35,0	18,5	16,5	39,5	20,2	19,3
A4	Carbonato de Sódio	34,0	17,9	16,1	39,4	19,9	19,5	40,6	20,4	20,2
A5	Carbometilcelulose	42,5	22,9	19,6	61,0	31,9	29,1	78,5	32,5	46,0
A6	Cloreto de Magnésio	36,4	19,9	16,5	35,0	17,6	17,4	34,5	21,9	12,6
A7	Detergente em Pó	34,0	19,8	14,2	33,8	18,5	15,3	34,4	20,1	14,3
A8	Dextrina Branca	36,8	28,2	8,6	36,0	22,4	13,6	37,0	19,7	17,3
A9	Hexametáfosfato de Sódio	33,0	25,0	8,0	31,5	21,1	10,4	31,2	17,9	13,3
A10	Silicato de Sódio	32,6	24,6	8,0	33,6	20,7	12,7	34,4	18,3	16,1

* simbologia

Usando os valores constantes nas Tabelas I e II, considerando apenas a maior diferença entre as três frações da porcentagem de aditivo, observou-se que os aditivos A4 (a 0,5%); A1, A3, A6 e A7 (a 1,0%), A2, A9 e A10 (a 1,5%), atendem o critério adotado por Salomão⁽⁴⁾. E usaremos apenas os cinco aditivos que deram maiores diferenças de valores, para a aditivação da massa plástica.



Propriedades físico-mecânicas

Os valores numéricos das propriedades físico-mecânicas resultantes dos ensaios realizados nos corpos de prova *processados por extrusão* e secos a 110°C, no estado natural, são os seguintes: *19,16% de umidade de extrusão; 5,61% de retração linear de secagem e 3,94±1,04 MPa de tensão de ruptura à flexão*, os quais são valores que atendem aos valores mínimos especificados^{(7), (8)}.

A Tabela III apresenta os valores das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova extrudados e sinterizados nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C, *sem aditivos*, onde se verifica que os valores numéricos atendem as recomendações para todas as propriedades características citadas para quaisquer das temperaturas de queima, segundo estudos realizados por Santos⁽⁷⁾, Neves⁽⁸⁾, Campos⁽⁹⁾ e Campos⁽¹⁰⁾.

Tabela III – Propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova *extrudados e sinterizados* nas temperaturas de 800, 900 e 1000°C, sem aditivos.

TQ (°C)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)	RLQ (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
800	13,34±0,95	25,08	1,88	0,73	5,93	10,56±1,88
900	11,82±1,08	22,61	1,91	2,53	6,02	10,27±1,78
1000	7,06±0,87	14,78	2,10	5,95	5,94	13,72±0,45

TQ = temperatura de queima; PA = porosidade aparente; MEA = massa específica aparente e RLQ = retração linear de queima.

A Tabela IV apresenta os valores numéricos das propriedades físico-mecânicas resultantes dos ensaios realizados com a massa aditivada e seca a 110°C, onde se observa uma considerável melhora das propriedades físico-mecânicas, *salvo por pequena diferença de valores na amostra (A6 – 1%)*, em relação aos da amostra em seu estado natural, conforme citado anteriormente, que, no geral, atingiu os objetivos esperados.



Tabela IV – Propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova amostra aditivada, secos a 110°C.

ADITIVO PERCENTUAL	UMIDADE DE EXTRUSÃO (%)	RETRAÇÃO LINEAR DE SECAGEM (%)	TENÇÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A1 - 1%	16,02	5,20	5,92±0,28
A4 – 0,5%	17,27	5,18	10,68±0,21
A6 - 1%	16,00	4,28	3,51±0,05
A9 – 1,5%	17,03	5,01	10,89±1,52
A10 – 1,5%	17,90	5,30	6,05±0,06

A Tabela V mostra os valores numéricos das propriedades físico-mecânicas resultantes dos ensaios realizados na amostra aditivada e sinterizada na temperatura de 800°C. Nela verifica-se uma significativa melhora nos valores médios das propriedades físico-mecânicas em relação ao seu estado natural.

Tabela V – Propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova aditivados, extrudados e sinterizados na temperatura de 800°C.

ADITIVO PERCENTUAL	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)	RLQ (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A1 - 1%	12,48±0,90	23,70	1,90	1,20	7,43	12,13±0,77
A4 – 0,5%	10,89±0,49	21,19	1,95	0,81	4,43	11,31±0,68
A6 - 1%	12,84±0,12	24,90	1,94	0,91	6,74	10,92±0,21
A9 – 1,5%	9,70±0,21	19,00	1,96	0,89	4,66	10,89±0,14
A10 – 1,5%	13,59±0,68	25,57	1,88	1,28	6,09	11,09±0,94

Na Tabela VI constam os resultados dos ensaios realizados em corpos de prova aditivados e sinterizados a temperatura de 900°C. Nestes ensaios onde não houve melhora nos valores médios das propriedades físico-mecânicas, com exceção das amostras (**A1 – 1% e A4 – 0,5%**), que apresentaram melhores resultados para a *tensão de ruptura à flexão* em relação ao seu estado natural.



Tabela VI – Propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova aditivados, extrudados e sinterizados na temperatura de 900°C.

ADITIVO PERCENTUAL	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)	RLQ (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A1 - 1%	13,00±0,72	24,24	1,87	1,59	8,38	13,72±1,74
A4 - 0,5%	15,32±1,50	28,77	1,88	1,33	7,49	13,03±0,54
A6 - 1%	12,88±0,14	24,75	1,92	1,33	7,49	10,05±0,75
A9 - 1,5%	15,92±1,82	29,46	1,85	1,63	10,55	8,49±0,34
A10 - 1,5%	13,68±0,51	25,13	1,88	1,97	6,71	10,55±0,80

Na Tabela VII constam os valores dos ensaios realizados nos corpos de prova aditivados e sinterizados a temperatura de 1000°C. Consta-se que onde não houve melhora nos valores médios das propriedades físico-mecânicas, com exceção da amostra (**A9 - 1,5%**), que apresentou melhores resultados para a *absorção de água e porosidade aparente* em relação ao seu estado natural.

Tabela VII – Propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova aditivados, extrudados e sinterizados na temperatura de 1000°C.

ADITIVO PERCENTUAL	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	PA (%)	MEA (g/cm ³)	RLQ (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A1 - 1%	8,11±0,33	15,82	1,95	4,36	8,21	12,48±0,97
A4 - 0,5%	7,47±0,25	15,17	2,03	3,48	6,60	11,75±0,76
A6 - 1%	9,38±0,31	18,61	1,98	3,26	7,51	11,15±0,99
A9 - 1,5%	5,77±0,36	11,80	2,07	6,90	8,67	7,51±0,65
A10 - 1,5%	10,11±0,36	19,80	1,96	4,07	7,06	10,48±0,11

CONCLUSÕES

Após análise da massa plástica utilizada em cerâmica vermelha no estado natural e aditivadas, pode-se concluir que:

a – a massa plástica apresentou composição granulométrica, plasticidade e mineralogia adequada para uso em cerâmica vermelha;



b - a amostra aditivada, constituída de *amido solúvel (1%)*; *carbonato de sódio (0,5%)*; *cloreto de magnésio (1%)*; *hexametáfosfato de sódio (1,5%)* e *silicato de sódio (1,5%)*, apresentou melhores resultados para a *retração linear* e para o comportamento mecânico a 110°C, em relação à massa no estado natural.

c – as amostras aditivadas e sinterizadas nas temperaturas de queima de 800 e 900°C apresentaram melhores resultados para as propriedades físico-mecânicas;

d – as massas aditivadas nas temperaturas de queima 800, 900 e 1000°C apresentaram propriedades físico-mecânicas dentro da faixa de valores especificados para uso em cerâmica vermelha.

REFERÊNCIAS

1. G.D. Chiara, G.M. Borroni, A.D. Chiara, Apostila, ACIMAC/IEC, Florianópolis, 2000.
2. J. Rawet, P.S. Santos, *Cerâmica* 26, 128 (1980) 193.
3. J.S. Reed, Principles of ceramics processing. USA: *John Wiley*, 1995.
4. J.R. Salomão, P.S. Santos, *Cerâmica* 25, 118 (1979) 247.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6459*: Determinação do limite de liquidez: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181*: Determinação da análise granulometria de solos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
7. P.S. Santos, *Ciência e Tecnologia de Argilas*. São Paulo: v. I e II, Blücher, 1992.
8. G. A. Neves, Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - CCT/UFCG, Campina Grande, Brasil, 2002.
9. L.F.A. Campos, R.S. Macedo, H.C. Ferreira, Anais do 13º. CBECIMAT, Curitiba, PR., Dezembro de 1998.
10. L.F.A. Campos, R.S. Macedo, H.C. Ferreira, P.K. Kiyorara, *Cerâmica* 45, 140 (1999) 295.



INFLUENCE OF ADDICTIVE IN THE PLASTICITY AND EXTRUDABILITY OF PLASTIC CLAYS FOR USE IN CERAMIC BLOCKS - PART I

SUMMARY

In the last years it has been studying the ceramic compositions in the industry red ceramic seeking to the obtaining of products of better quality. In this study it is looked for through additvaons, the reduction of the tempering water seeking a better and consistence of the ceramic composition. The addictive chemists seek to reduce the plasticity limit, without altering the extrudability of the ceramic compositions, improving the plasticity of ceramic blocks without harming your physical-mechanics properties. The additives studied in the proportions of 0,5; 1,0 and 1,5% are: soluble starch; calcic bentonite; sodic bentonite; sodium carbonate; carboximethylcellulose; magnesium chloride; powder detergent; white dextrina; sodium hexmethylphosphate and sodium silicate. The obtained results show that the use of addictive in appropriate proportions is possible to reduce the plasticity limit of the analyzed samples, what allows to extrusion ceramic blocks with a reduction of the molding humidity, resulting in energy economy in the productive process.

Words key: addictive, plasticity limit, extrusion, red ceramic, ceramic composition.