



2.º ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

QIC2016

Lisboa • LNEC • 21 a 23 de novembro de 2016

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À CORROSÃO FILIFORME DE TINTAS EM PÓ COM ACABAMENTO LISO E TEXTURADO

Joana Pereira

Mestre em Engenharia Química, Bolseira de Investigação, LNEC, jfpereira@lnec.pt

Maria Paula Rodrigues

Doutorada em Engenharia Química, Investigadora Principal, LNEC, mprodrigues@lnec.pt

Resumo

Os perfis de alumínio usados em diversas aplicações na construção civil, como em estores, molduras, portas e janelas, são frequentemente protegidos através da aplicação de tintas em pó. Este tipo de tintas apresenta vantagens em termos ambientais, uma vez que são produtos isentos de solventes (sem compostos orgânicos voláteis (COV)) e permitem a obtenção de um efeito decorativo muito versátil em termos de cor e textura. Contribuem além disso para a melhoria da resistência à corrosão da liga de alumínio.

Para garantir a qualidade final do produto, o processo de tratamento do substrato, as características técnicas das tintas e os requisitos para a aplicação e cura das mesmas, devem obedecer a regras específicas, o que exige que todo o processo seja feito em oficina.

Contudo, por vezes, especialmente em obras na fase de construção, os materiais são submetidos a condições ambientais, ou entram em contato com produtos agressivos, que podem comprometer a durabilidade do efeito protetor e decorativo conferido pelo revestimento, apesar do eventual cumprimento de todos os requisitos técnicos respeitantes à aplicação da tinta.

A corrosão filiforme é um tipo de defeito que ocorre à superfície do metal, sob o revestimento, que não enfraquece nem destrói o substrato metálico mas que, no entanto, afeta a aparência da superfície. A permeabilidade à água e a soluções aquosas do revestimento aplicado num substrato metálico é um fator que afeta a eficiência da proteção contra a corrosão.

Neste trabalho, foi estudada a resistência à corrosão filiforme de dois tipos de tintas em pó (acabamento liso e texturado) de forma a relacionar esta resistência com a sua permeabilidade, com o tipo de acabamento e com a ação de produtos agressivos que podem ser encontrados em obra, na fase de construção.

Palavras-chave: Tinta em pó / Corrosão filiforme / Permeabilidade

Introdução

A utilização de chapas ou perfis de alumínio revestidos por aplicação de tintas em pó, para a produção de estores, molduras, portas e janelas, está amplamente difundida na indústria da construção.

O êxito da grande utilização deste tipo de revestimento, habitualmente designado por termolacado, resulta do fato de estar disponível no mercado uma diversidade de famílias de tintas em pó com uma paleta de cores, brilhos e texturas muito variadas que confere às superfícies efeitos decorativos muito diversificados (aspeto liso, estruturado, brilhante, mate, mármore, salpicado, metalizado, efeito madeira), com uma boa durabilidade e em que fica assegurada uma adequada proteção contra a corrosão do substrato de alumínio.

Em termos estéticos tem vindo a crescer nos últimos anos a preferência por acabamentos estruturados, geralmente de três tipos: texturado mais ou menos fino, enrugado e com aspeto de casca de laranja. O fator decisivo que determina o tipo e a textura dos acabamentos derivados das tintas em pó é o tipo de agente estruturante presente na formulação, podendo o acabamento texturado fino ser conseguido por utilização de ceras especiais. Depois da fase de fusão, a temperaturas entre 80 e 120°C, o agente estruturante impede que o revestimento flua corretamente na fase seguinte, a cura, devido à criação de zonas com diferentes tensões superficiais, o que dá origem a um nivelamento irregular da película e, conseqüentemente, a um acabamento texturado (Hetmank, 2012).

A aplicação das tintas em pó no substrato de alumínio exige meios e equipamentos especializados para a preparação da superfície (pré-tratamento), para a aplicação do pó e para a cura da película, o que requer que o trabalho apenas possa ser efetuado em instalações apropriadas – lacadores. Contudo, apesar do eventual cumprimento de todos os requisitos técnicos, por vezes, especialmente em obras na fase de construção, os materiais termolacados são submetidos às condições ambientais ou entram em contato com substâncias agressivas, que podem comprometer a durabilidade do efeito protetor e decorativo conferido pelo revestimento. Exemplos de algumas substâncias que podem afetar o alumínio lacado, quer em termos de alteração da cor ou do brilho, quer porque podem promover processos corrosivos, são os materiais cimentícios e alguns produtos químicos ácidos utilizados na limpeza das superfícies depois da conclusão das obras.

A corrosão filiforme (CF) é um tipo de defeito que ocorre à superfície do metal, sob o revestimento, e que se propaga em filamentos, devido a arejamento diferencial entre o princípio e o fim desses filamentos. A iniciação e a propagação da CF é um fenómeno complexo influenciado por diversos fatores, tais como humidade elevada, presença de defeitos na película de pintura que permitam o contato do alumínio com iões agressivos, tipo de liga e modo de processamento da peça (Nazarov, 2012). A permeabilidade ao oxigénio do revestimento, mas também à água ou a soluções aquosas (Fedrizzi, 2007), são fatores que afetam a eficiência da proteção contra a corrosão conferida pelo revestimento. Este tipo de corrosão não enfraquece nem destrói o substrato metálico mas, no entanto, afeta a aparência da superfície.

Neste trabalho, foi estudada a resistência à CF de revestimentos lisos e texturados resultantes da aplicação de tintas em pó de dois fabricantes, procurando relacionar essa resistência com a sua permeabilidade, com o tipo de acabamento e com a ação de produtos agressivos que podem ser encontrados em obra, na fase de construção.

Para isso, procedeu-se à aplicação com pistola electrostática manual, de quatro tintas em pó (duas com acabamento liso e duas com acabamento texturado), em perfis de alumínio previamente sujeitos ao pré-tratamento adequado. Depois da cura, os perfis lacados foram submetidas a ciclos de contato com substâncias químicas (ácido muriático/clorídrico e com argamassa à base de cimento). Em seguida os perfis lacados foram submetidos a ensaio para avaliação da resistência à corrosão filiforme (Qualicoat, 2015), comparando-se o resultado com o obtido com perfis lacados não sujeitos à acção das substâncias químicas.

Procedeu-se também à avaliação da permeabilidade à água dos revestimentos, por forma a obter informação quanto ao efeito barreira dos revestimentos a soluções aquosas.

Materiais e métodos

O ciclo de lacagem convencional, dos perfis de alumínio de liga AA6060 com dimensões de 5 cm x 10 cm, foi dividido em três principais etapas: pré-tratamento, pintura e polimerização. O pré-tratamento consiste na imersão das peças numa linha de banhos (desengorduramento e desoxidação, lavagem e conversão (tratamento com base em zircónio e titânio, alternativo ao tratamento com crómio hexavalente que é prejudicial em termos ambientais) e secagem final.

Após este tratamento, as quatro tintas em pó do tipo poliéster, de dois fabricantes (C e T) e com dois acabamentos diferentes: liso (L) e texturado (T), foram aplicadas com pistola electrostática manual, numa cabina de aplicação. Por fim, a polimerização ou “cura” foi feita num forno controlado à temperatura e durante o tempo especificados pelos fornecedores dos pós, tabela 1. A espessura média dos revestimentos depois de curados situavam-se na gama dos 60 a 100 μm .

Tabela 1: Condições de cura

Revestimento	Acabamento	Cura	
		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Tempo (min)
CL	Liso	200	10
CT	Texturado		12
TL	Liso		12
TT	Texturado		12

Permeabilidade à água

Os perfis revestidos foram imersos em água a 23 $^{\circ}\text{C}$ (T_{amb}). A absorção de água foi avaliada periodicamente por pesagem, durante cerca de 9 dias, até ser possível observar uma tendência de estabilização do aumento de massa.

Ciclos de contato com substâncias químicas

Os perfis revestidos foram submetidos a cinco ciclos de contato com ácido muriático comercial (ácido clorídrico, 33-34 %) ou argamassa. A argamassa foi obtida na proporção de cal hidratada, cimento e areia de 1:2,7:16,3, adicionando água à mistura até obter uma pasta mole. Cada ciclo consistiu num período de 24h de contato direto com os compostos referidos, após o qual estes foram removidos, ficando os perfis em condições laboratoriais por outro período de 24h antes do ciclo seguinte. Durante o contato com a argamassa, os perfis foram mantidos numa câmara com condições a 38 ± 3 $^{\circ}\text{C}$ e 95 ± 5 %HR.

Determinação da resistência à corrosão filiforme

A resistência à corrosão filiforme dos perfis revestidos, submetidos e não submetidos aos ciclos de contato com substâncias químicas, foi determinada de acordo com o procedimento indicado nas diretivas da Qualicoat (Qualicoat, 2015). Foram feitas duas incisões no revestimento, até atingir o alumínio, uma no sentido da extrusão do perfil, com 5 cm de comprimento, e outra na sua perpendicular, com 3 cm. Sobre essas incisões foi aplicado ácido clorídrico (37 %, $1,18 \text{ gr/cm}^3$), por gotejamento durante 1 minuto. Após este período, o excesso de ácido foi retirado com papel absorvente e as amostras permaneceram durante 1h em condições laboratoriais, antes de serem colocadas numa câmara a 40 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ e 82 ± 5 %HR durante 1000h.

Resultados e discussão

Permeabilidade à água

A fig. 1 apresenta o aumento de massa ao longo do tempo, de dois perfis revestidos de cada fornecedor e de cada tipo de acabamento, devido à absorção de água através da película de revestimento. Na legenda do gráfico, indica-se também o valor da espessura média do revestimento de cada perfil, que varia entre os 65 e os 97 μm .

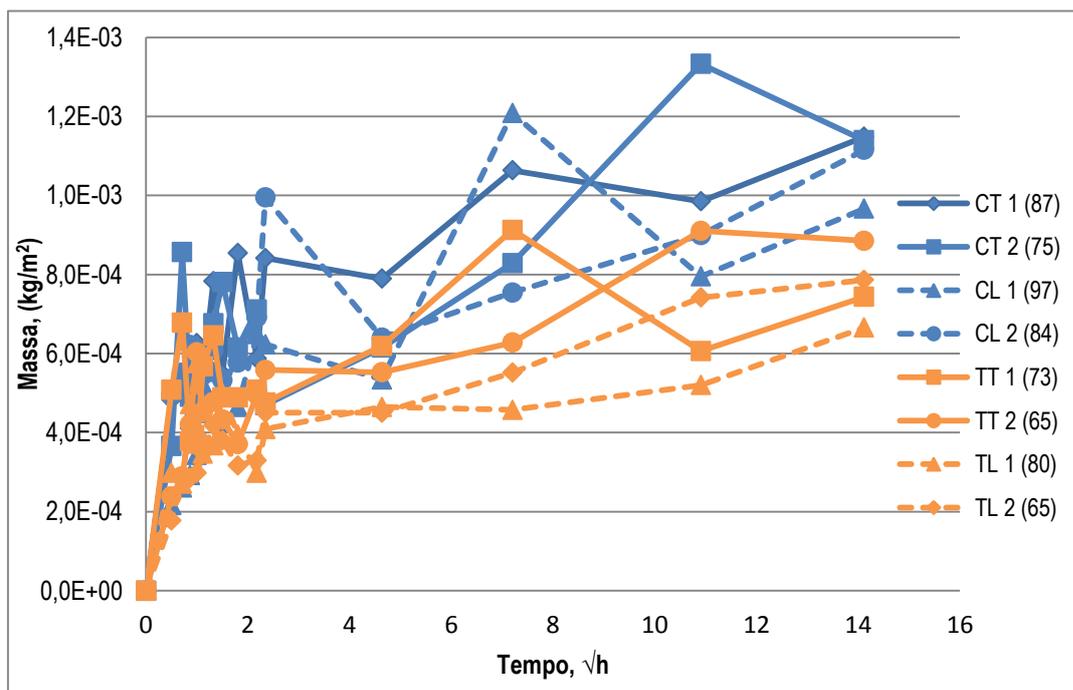


Figura 1: Permeabilidade à água (23°C)

Apesar da oscilação das determinações periódicas, pode observar-se uma tendência para os revestimentos texturados apresentarem maior permeabilidade à água do que os lisos. Verifica-se também que os revestimentos do fabricante C, apesar de aplicados com espessuras ligeiramente superiores, são mais permeáveis do que os do fabricante T.

Resistência à corrosão filiforme

A resistência à corrosão filiforme foi avaliada nos perfis revestidos que não foram sujeitos a qualquer agressão química (que serviram como referência) e nos perfis revestidos sujeitos aos ciclos de contato com ácido muriático ou argamassa. Os resultados foram avaliados de acordo com a norma EN ISO 4628-10 determinando, em ambos os lados (direito e esquerdo) das incisões (vertical e horizontal), o comprimento do filamento mais longo, L (mm), e o comprimento mais frequente dos filamentos, M (mm). Adicionalmente foi ainda determinado o número total de filamentos que se desenvolveram para os dois lados da incisão. Nos perfis que apresentavam uma densidade de filamentos demasiado elevada para permitir a contagem, foi determinada a área de corrosão em mm^2 .

A morfologia dos filamentos está representada na fig. 2 e na tabela 2 são apresentados os resultados da avaliação de cada perfil, sendo também indicados os valores médios da espessura de película em μm . Nos perfis revestidos com acabamento texturado houve a necessidade de remover a película de

revestimento com auxílio de decapante, uma vez que o tipo de acabamento dificulta a leitura e mascara a ocorrência de filamentos, fig. 3.

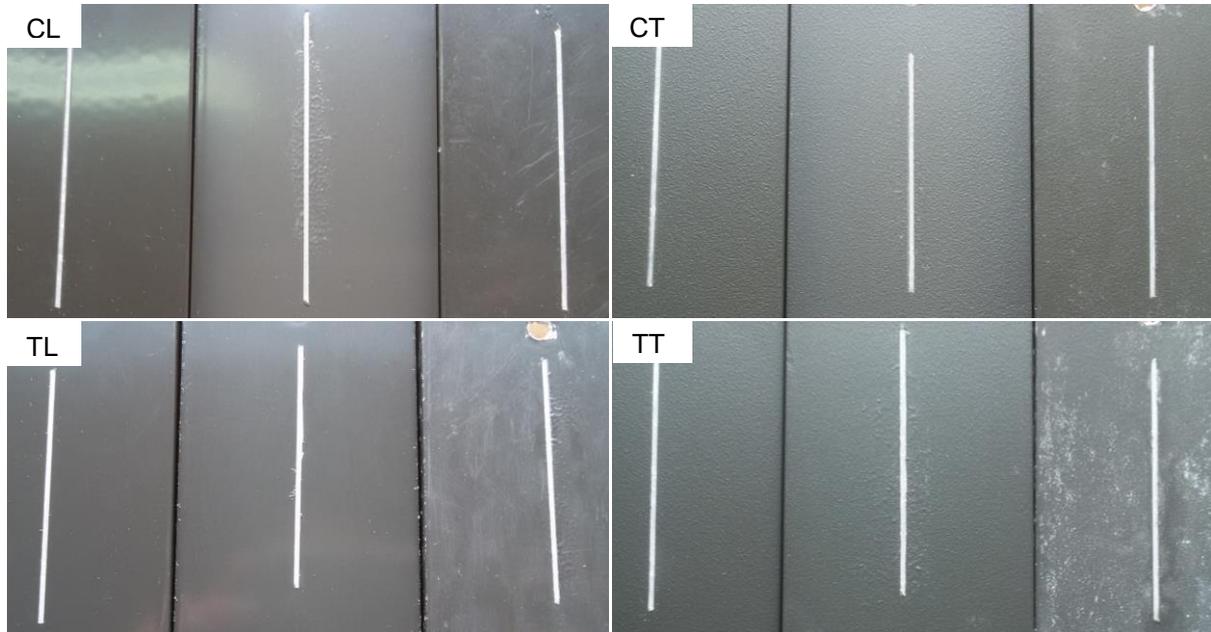


Figura 2: Perfis revestidos após ensaio de corrosão filiforme, da esquerda para a direita: perfil de referência, contato com ácido muriático e contato com argamassa

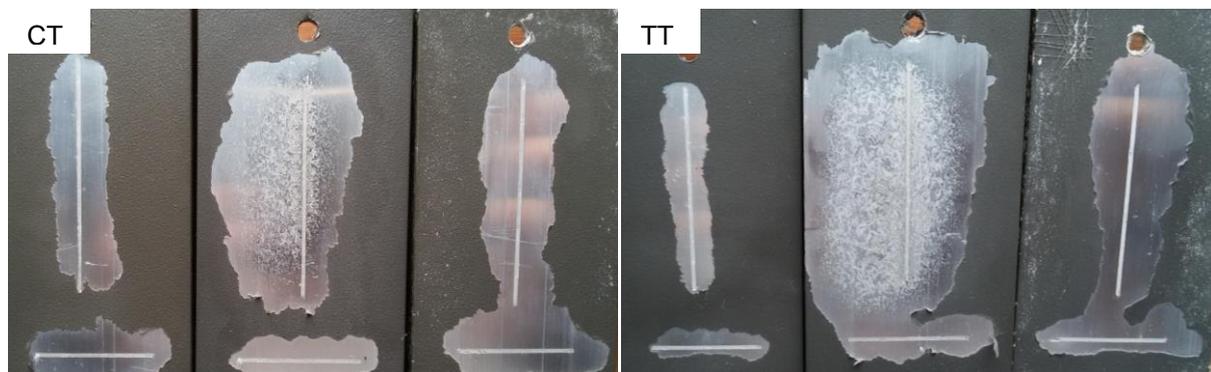


Figura 3: Perfis com revestimento texturado, decapados após ensaio de corrosão filiforme - da esquerda para a direita: perfil de referência, contato com ácido muriático e contato com argamassa.

Tabela 2: Resultados do ensaio de resistência à corrosão filiforme. Os perfis com acabamento texturado foram avaliados após decaagem. L - comprimento do maior filamento em mm; M - comprimento mais frequente dos filamentos em mm; * valores aproximados.

Revestimento	Substância química	Espessura de película (µm)	Lado esquerdo		Lado direito	
			Classificação	Nº filamentos ou área de corrosão mm ²	Classificação	Nº filamentos ou área de corrosão mm ²
CL	ausente (proвете ref ^a)	96	L0/M0, vertical L4,5/M0, horizontal	0 1	L0,3/M0, vertical L0,5/M0, horizontal	2 1
	ácido muriático	91	L4,5/M1,5, vertical L0/M0, horizontal	45* 0	L7/M2,5, vertical L2/M0, horizontal	50* 1
	argamassa	108	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0	L0,4/M0, vertical L0,3/M0, horizontal	2 1
CT	ausente (proвете ref ^a)	99	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0
	ácido muriático	101	L7/M3,5, vertical L0/M0, horizontal	123 mm ² 0	L3,0/M2,5, vertical L0/M0, horizontal	88 mm ²
	argamassa	108	L0/M0, vertical L0,4/M0, horizontal	0 1	L0,3/M0, vertical L0/M0, horizontal	1 0
TL	ausente (proвете ref ^a)	97	L0,8/M0, vertical L0,4/M0, horizontal	1 1	L0/M0, vertical L0,6/M0, horizontal	0 1
	ácido muriático	95	L2/M0, vertical L0,4/M0, horizontal	7 1	L0,4/M0, vertical L0/M0 horizontal	4 0
	argamassa	87	L1,6/M1,2, vertical L0/M0, horizontal	15 0	L9/M3,5, vertical L1,2/M0, horizontal	50* 1
TT	ausente (proвете ref ^a)	95	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0
	ácido muriático	90	L20/M13, vertical L0/M0, horizontal	663 mm ² 0	L8/M5, vertical L0/M0, horizontal	255 mm ² 0
	argamassa	98	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0	L0/M0, vertical L0/M0, horizontal	0 0

Em todos os perfis de referência a resistência à corrosão filiforme foi elevada pois, no máximo, foram detetados 4 filamentos (no revestimento CL). Os revestimentos texturados (CT e TT) e o revestimento liso CL, foram os que apresentaram mais corrosão filiforme após o contato com o ácido muriático. Estes revestimentos são também os mais permeáveis à água.

O revestimento TL é o menos permeável à água e, após o contato com o ácido muriático, apresentou a menor intensidade de corrosão filiforme, embora superior à apresentada pelo perfil de referência: TL (ácido muriático) - 12 filamentos, sendo L=2mm; TL (ref^a) - 3 filamentos, sendo L=0,8mm.

No caso do contato com a argamassa, todos estes três revestimentos (CT, TT e CL) mostraram elevada resistência, comparável com a dos revestimentos de referência – o número máximo de filamentos foi de 3, com L=0,3mm, no revestimento CL.

O revestimento TL, após contato com a argamassa, apresentou uma grande intensidade de corrosão filiforme, ao contrário dos CL, CT e TT. Este pior comportamento pode ser explicado pelo fato da espessura do revestimento neste provete (87 µm) ser inferior à dos provetes CL, CT e TT (da ordem dos 100 µm), permitindo uma maior absorção da solução alcalina.

Pelos resultados obtidos, o ácido parece ser o agente químico que mais compromete a durabilidade do efeito protetor do revestimento.

O efeito decorativo também pode ser afetado pelo contato com este tipo de substâncias. Com efeito, os provetes do fabricante C expostos ao ácido mostraram alteração de cor e nos provetes do fabricante T expostos à argamassa foi difícil remover o remanescente desta, no final dos ciclos, apresentando um aspeto manchado.

Conclusões

Os revestimentos mostraram ser permeáveis à água e, portanto, também o são a soluções aquosas contendo iões agressivos. Assim, é possível que tenha havido ataque químico ao tratamento por conversão do substrato de alumínio, feito previamente à pintura com a tinta em pó. Este pré-tratamento da superfície tem um papel importante na proteção da liga de alumínio contra a corrosão e permite obter uma base adequada para aplicação de revestimentos orgânicos (Bautista, 1996) (Niknahad, 2010), contribuindo para a melhoria da aderência.

A degradação desta camada de conversão pode ter diminuído a aderência do revestimento orgânico ao perfil metálico, permitindo assim o avanço dos filamentos. Os revestimentos por conversão à base de zircónio não têm capacidade de auto-regeneração levando à degradação contínua da camada até perder completamente a eficácia (Peng, 2016).

O contato com produtos agressivos usados em obra pode comprometer a durabilidade do efeito protetor e decorativo conferido pelo revestimento, apesar do eventual cumprimento de todos os requisitos técnicos respeitantes à aplicação da tinta. Com efeito, os perfis não sujeitos a agressão química mostraram ter elevada resistência à corrosão filiforme. Já os provetes que estiveram em contato com ácido muriático ou com argamassa (alcalina) mostraram não só alterações a nível estético (alteração de cor) bem como uma menor resistência ao desenvolvimento de corrosão filiforme. De uma forma geral, o ácido muriático foi que o agente que gerou mais degradação por corrosão.

Referências bibliográficas

- BAUTISTA, A., 1996 – **Filiform corrosion in polymer-coated metals**, Organic Coatings 28, 49-58
- FEDRIZZI, L., et al., 2012 – **Effect of powder procedures on the filiform corrosion of aluminium profiles**. Organic Coating 59
- HETMANK, C., 2012 – **Making the Correct Use of Textured Powder Coatings**. JOT International Surface Technology, 3
- EN ISO 4628-10, 2003 – **Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance – Part 10: Assessment of degree of filiform corrosion**. International Organization for Standardization (ISO)
- NAZAROV, A., et al., 2012 – **Filiform corrosion of electrocoated aluminium alloy: Role of surface pretreatment**. Corrosion Science 65, 187-198
- NIKNAHAD, M., et al., 2010 – **Adhesion Properties and Corrosion Performance of Differently Pretreated epoxy coatings on an aluminium alloy**. Corrosion Science 52, 1948-1957
- PENG, D., et al., 2016 – **The formation and corrosion behavior of a zirconium-based conversion coating on the aluminum alloy AA6061**. J. Coat. Technol. Res., 13 (5) 837– 850
- QUALICOAT, 2015 – **Specifications for a quality label for liquid and powder organic coatings on aluminium for architectural applications (14th Ed.)**
<http://www.qualicoat.net/main/downloads.html>