

**Nº 180034**

### **Boas práticas em ensaios de intemperismo**

**Fernando Soares Lima**

*Palestra apresentada no  
SEMINÁRIO Q-LAB, 1., 2025, Santo  
André 60 slides*

A série “Comunicação Técnica” comprehende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
S/A - IPT  
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou  
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970  
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901  
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)



# BOAS PRÁTICAS NOS ENSAIOS DE INTEMPERISMO

Fernando Soares de Lima - IPT



# O QUE É O IPT?

EXISTIMOS PARA PROVER SOLUÇÕES  
TECNOLÓGICAS PARA A INDÚSTRIA,  
OS GOVERNOS E A SOCIEDADE,  
HABILITANDO-OS A SUPERAR  
SEUS DESAFIOS E PROMOVENDO  
QUALIDADE DE VIDA

## RECEITAS

Venda de projetos e  
serviços por meio da  
Fundação de Apoio  
ao IPT (FIPT)

R\$ 105 Mi

Venda de projetos  
e serviços para os  
setores público e privado

R\$ 77 Mi



## IPT EM NÚMEROS\*



126 ANOS DE  
CONTRIBUIÇÕES PARA  
A SOCIEDADE



> 1000  
FUNCIONÁRIOS E  
COLABORADORES



50% DE RECEITA  
COM INOVAÇÃO



> 3.170  
CLIENTES  
ATENDIDOS



> 16.200  
DOCUMENTOS  
TÉCNICOS EMITIDOS



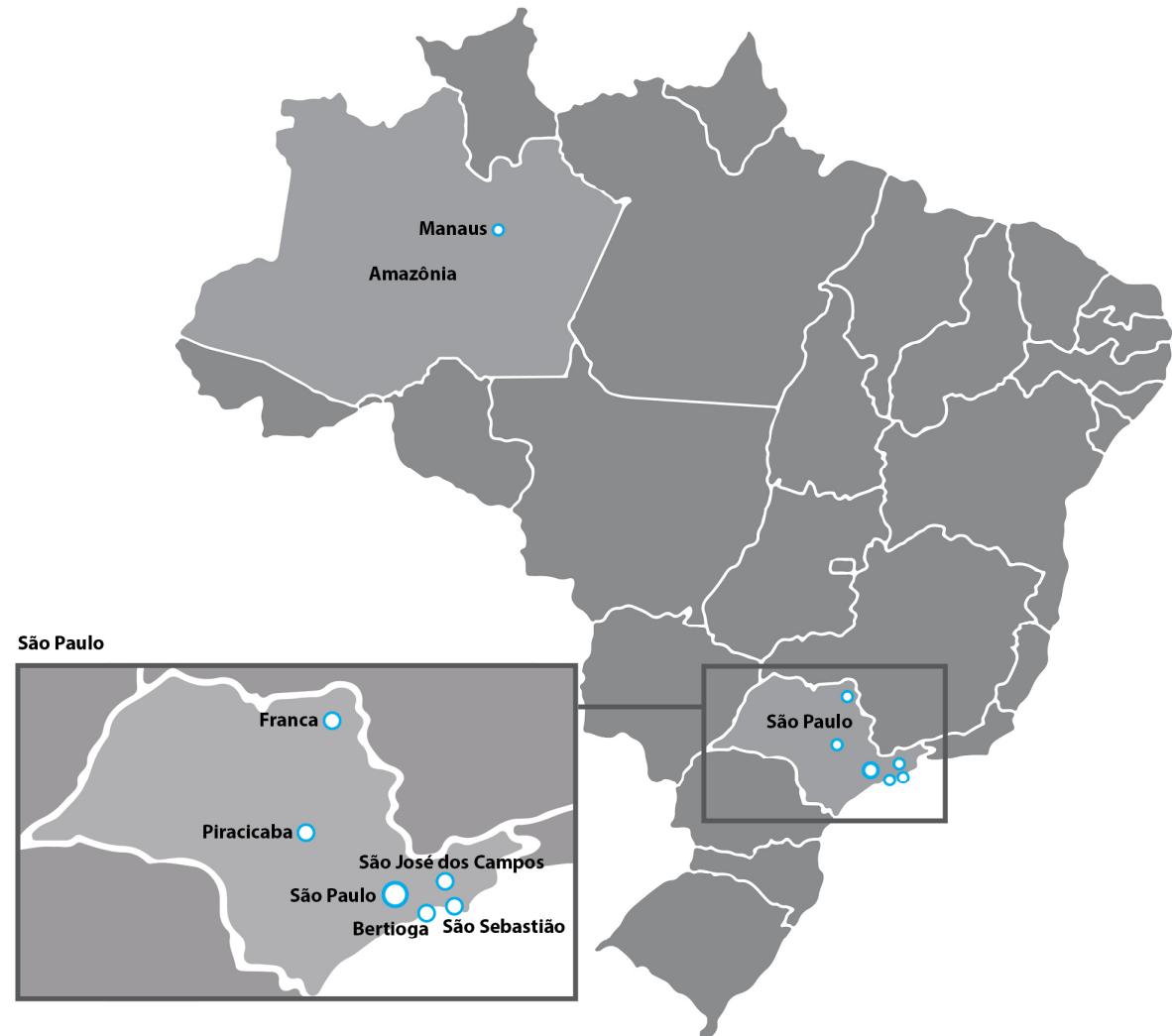
> 2000 PROCEDIMENTOS  
DE ENSAIOS E ANÁLISES  
NO PORTFÓLIO



35% DOS PROJETOS  
IPT COM IMPACTO  
DIRETO EM ESG

\* 2024

# Unidades do IPT no Brasil



- 1 São Paulo, SP  
Sede do IPT e Parque Laboratorial
- 2 Bertioga, SP  
Planta de Biodigestão de Resíduos Sólidos
- 3 Franca, SP  
Lab. de Tecnologia Têxtil e Produtos de Proteção
- 4 São José dos Campos, SP  
Laboratório de Estruturas Leves
- 5 São Sebastião, SP  
Laboratório Flutuante
- 6 Piracicaba, SP  
Laboratório de Infraestrutura em Energia
- 7 Manaus, AM  
Núcleo IPT Amazônia

# O QUE FAZEMOS?

PESQUISA,  
DESENVOLVIMENTO  
E INOVAÇÃO

PRODUTOS E PROCESSOS  
SOFTWARES  
DA BANCADA AO PILOTO  
APOIO DE FOMENTO  
EMBRAPII

TESTES, ENSAIOS  
E ANÁLISES

PARECERES TÉCNICOS  
AVALIAÇÃO  
DE PRODUTOS  
CERTIFICAÇÃO  
DE PRODUTOS

INSPEÇÕES E  
MONITORAMENTOS

OBRAS E ESTRUTURAS  
MÁQUINAS E  
EQUIPAMENTOS  
ORGANISMO DE  
INSPEÇÃO ACREDITADO

DESENVOLVIMENTO  
METROLÓGICO,  
MEDIÇÕES  
E CALIBRAÇÕES

PROGRAMAS  
DE PROFICIÊNCIA  
DESENVOLVIMENTO  
DE PADRÕES  
METROLOGIA AVANÇADA

MATERIAIS DE  
REFERÊNCIA  
CERTIFICADOS

METAIS  
CERÂMICAS  
MINERAIS  
VISCOSIDADE  
AREIA NORMAL

TREINAMENTO E  
CAPACITAÇÃO

MESTRADO  
PROFISSIONAL  
CURTA DURAÇÃO  
EDUCAÇÃO  
CORPORATIVA



# UNIDADES DE NEGÓCIOS

## BIONANOMANUFATURA

Biotecnologia, Nanotecnologia, Microfabricação, Química e EPIs

## CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE

Planejamento Territorial, Obras Civis, Riscos, Recursos Hídricos, Florestas

## ENERGIA

Geração, Infraestrutura, Eficiência, Energias limpas

## ENSINO TECNOLÓGICO

Mestrado, MBA Internacional, Especialização

## HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES

Conforto, Desempenho, Segurança, Materiais, Sustentabilidade

## MATERIAIS AVANÇADOS

Metal, Polímero, Compósito, Celulose, Corrosão

## TECNOLOGIAS DIGITAIS

IoT, Sistemas Embarcados, Sistemas de Transportes, IA, Analytics

## TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E METROLÓGICAS

Mecânica, Elétrica, Vazão, Aerodinâmica, Química



# DIFERENCIAIS



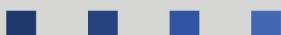
+ 120 mil m<sup>2</sup> de laboratórios  
+ 1000 profissionais qualificados  
Inúmeros caminhos para inovar



+ 2 mil ensaios e calibrações  
+ 20 mil documentos técnicos por ano  
Referência em qualidade dos serviços



Nível de excelência no NPS  
NPS 84  
(Net Promoter Score)



# SOBRE MIM

Fernando Soares de Lima

- ✓ Técnico Têxtil
- ✓ Químico
- ✓ Engenheiro de Produção
- ✓ Mestre em Processos Industriais
- ✓ Doutorando em Ciências – EACH

Atuo como pesquisador no IPT no  
Laboratório de Tecnologia Têxtil e Produtos  
de Proteção



# DEFINIÇÃO - INTEMPERISMO

*“Intempérie - qualquer extremo das condições climáticas (vento forte, temporal, seca, calor tórrido, nevasca etc.)”*

Editora Objetiva Ltda. **Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa.** Versão 1.0.5, 2002.

*“Intemperismo - conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e a decomposição das rochas.”*

Editora Objetiva Ltda. **Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa.** Versão 1.0.5, 2002.

*“Weathering is the adverse response of a material or product to climate, often causing unwanted and premature product failures.”*

*“Intemperismo é a resposta adversa de um material ou produto ao clima, frequentemente causando falhas indesejadas e prematuras do produto.”*

<https://www.corrosionpedia.com/definition/1396/weathering-test>



# TODO AMBIENTE ESTÁ SUJEITO AO INTEMPERISMO!



ambiente de neve



ambiente deserto



ambiente doméstico



ambiente praia



ambiente selva



ambiente urbano



# IMPORTÂNCIA DO TESTE ACELERADO

- Cumprir com especificações
- Evitar catástrofes
- Controle da qualidade
- Melhoria no desenvolvimento
- Evitar gastos desnecessários com materiais
- Expandir linhas
- Concorrência



## Seats in the red still a season away

Raymond James' seatmaker agrees there's a problem, but it wants some time to work with a subcontractor.

By BILL VARIAN, Times Staff Writer

Published May 19, 2004

TAMPA - The company that made the fading red seats at Raymond James Stadium has a verbal, tentative agreement to replace them.

But fans of the Tampa Bay Buccaneers will have to endure at least one more season in what are now pink seats.

Tampa Sports Authority executive director Henry Saavedra said that Hussey Seating Co. has acknowledged that its testing shows seat coloring doesn't include a required sunblock of sorts. The missing so-called UV inhibitor might have prevented the seats from fading.

Hussey gets the materials that go into the moldings for the plastic parts of the seats from another company. It was supposed to include the inhibitor.



### FADED LUSTER

**ORIGINAL COLOR:** bright red when the stadium opened in 1998

**PINK TODAY:** A UV inhibitor was missing from the original coloring, Hussey Seating Co. has acknowledged.

**ORIGINAL COST:** about \$4.8-million to install 50,000 seats

**COST TO REPLACE:** about \$1.5-million to replace seat backs and seat bottoms



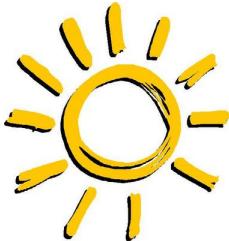
■ Faça o teste certo!  
Faça certo o teste!



# FATORES DE INTEMPERISMO

## Fatores primários:

Radiação solar  
Temperatura  
Umidade



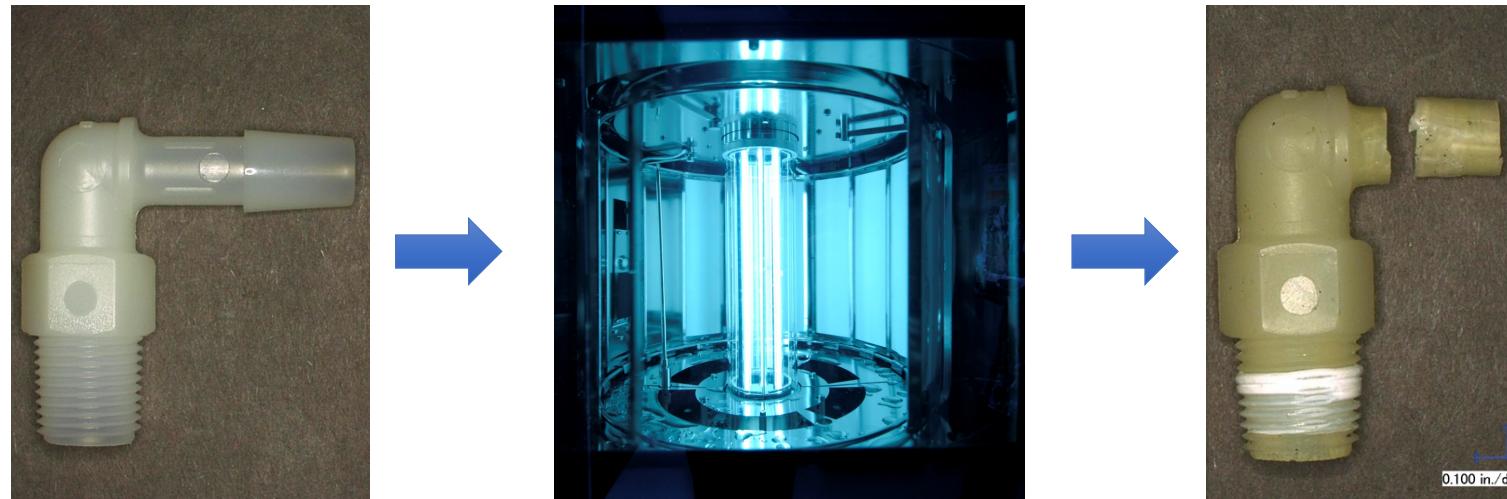
## Fatores secundários:

Biológicos (mofo)  
Poluição  
Cocô de pássaro (!)  
...



# IMPORTÂNCIA DO TESTE ACELERADO

- Não se pode melhorar a qualidade de um produto sem dados de teste !!!!

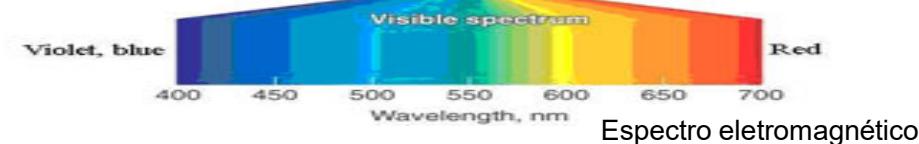
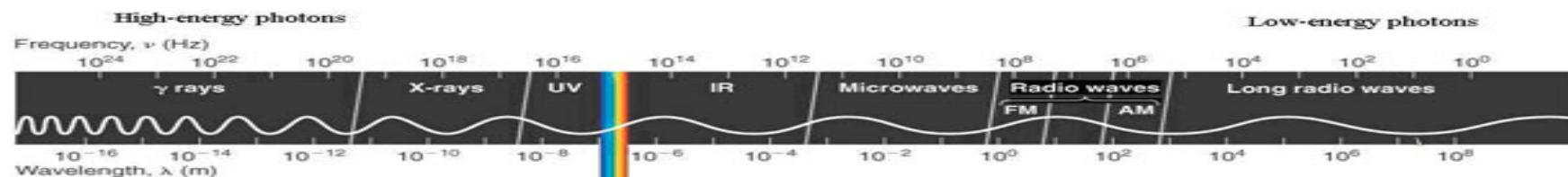


*... Uma ferramenta para melhorar a qualidade e durabilidade do produto*

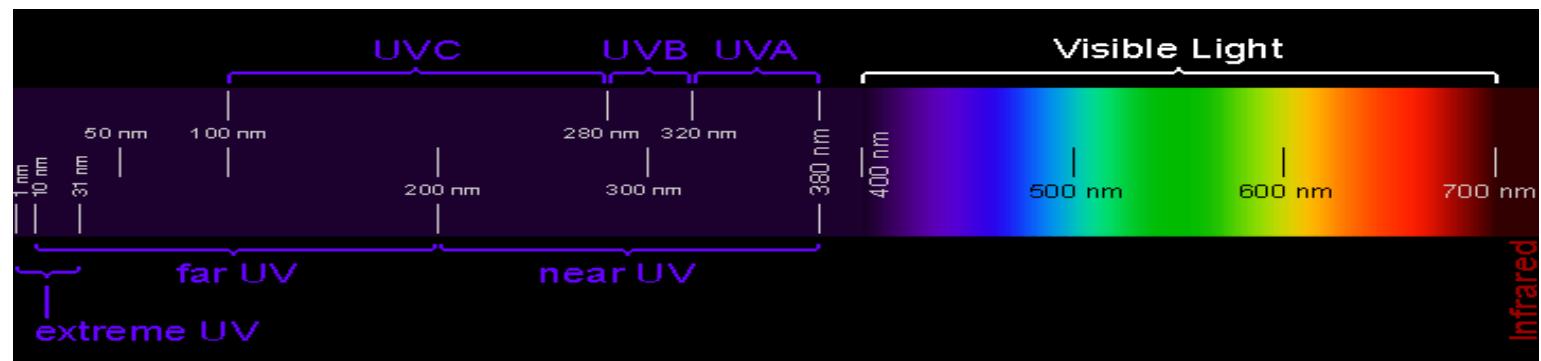


# RADIAÇÃO SOLAR

É a energia que vêm do sol, composta de fótons que viajam no espaço como ondas.

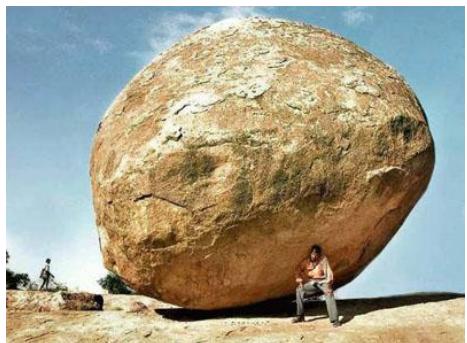


Espectro eletromagnético

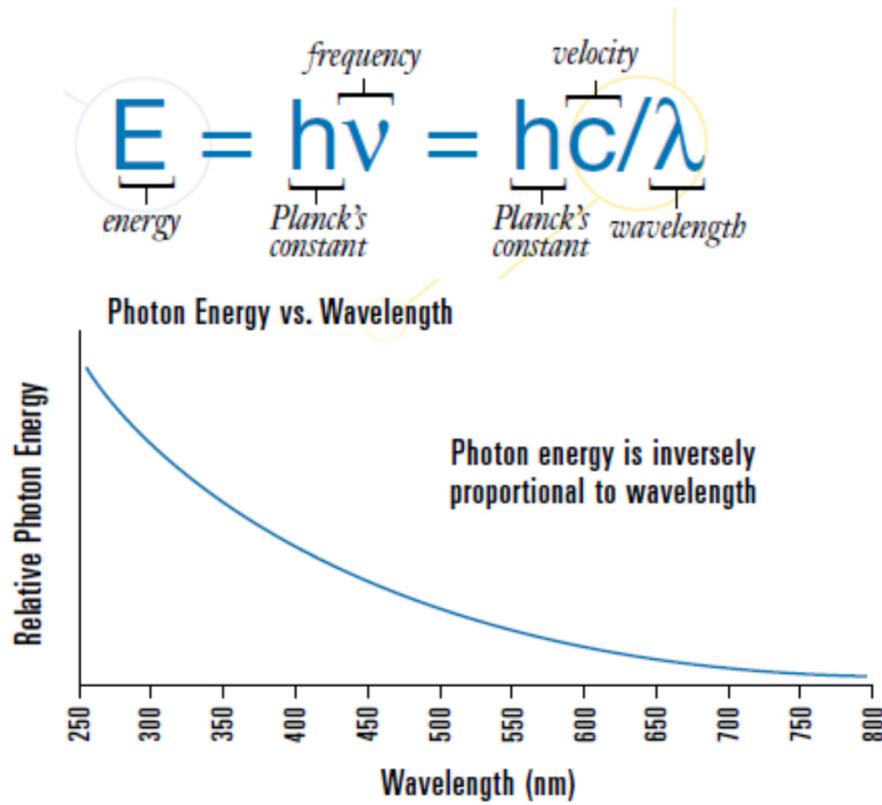


# RADIAÇÃO SOLAR

A energia de um foton é inversamente proporcional ao comprimento de onda!



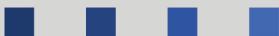
Pedra



Areia

Constante de Plank =

$6.626\ 070\ 040 \times 10^{-34} \text{ J s}$



# O ESPECTRO SOLAR

Spectral Range	nm	Irradiance
UV-B	280 – 315	2.19 W/m <sup>2</sup>
	280 – 320	4.06 W/m <sup>2</sup>
UV-A	315 – 380	49.43 W/m <sup>2</sup>
	315 – 385	54.25 W/m <sup>2</sup>
	315 – 400	72.37 W/m <sup>2</sup>
	320 – 400	70.50 W/m <sup>2</sup>
	Total UV	51.62 W/m <sup>2</sup>
	≤ 380	56.44 W/m <sup>2</sup>
	≤ 400	74.56 W/m <sup>2</sup>
Total UV+VIS	≤ 780	658.53 W/m <sup>2</sup>
	≤ 800	678.78 W/m <sup>2</sup>
IR	780 - 2450*	431.87 W/m <sup>2</sup>
	800 - 2450*	411.62 W/m <sup>2</sup>
Total	≤ 2450*	1090.40 W/m <sup>2</sup>

\* limit of CIE Pub. 85, Tab.4

*Global Solar Spectral Irradiance at Sea Level.  
In accordance to CIE Pub. 85, Tab. 4*

Fig. 24 – Faixas de comprimento de onda e irradiância do sol

Irradiância é o fluxo de energia incidente em uma superfície por unidade de área (W/m<sup>2</sup>).

Range Name	Wavelength Range	% of Total Solar
Ultraviolet (UV)	295 – 400 nm	6.8
Visible (VIS)	400 – 800 nm	55.4
Infrared (IR)	800 – 2450 nm	37.8

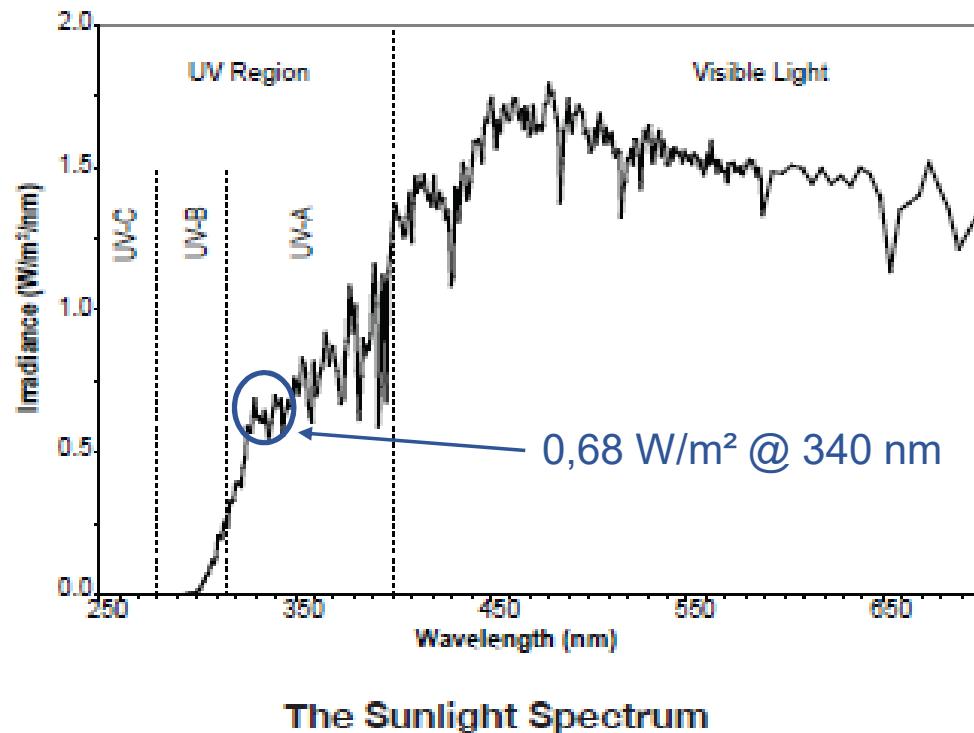
Reference Table in Accordance to CIE Pub. 85, Tab.4  
Fig. 25 – Faixas de comprimento de onda do sol

CIE distingue a radiação ultravioleta nos seguintes comprimentos de onda:

- UV-A 315 to 400 nm
- UV-B 280 to 315 nm
- UV-C < 280 nm



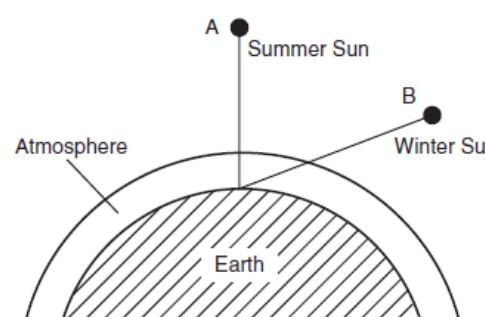
# O ESPECTRO SOLAR



Publicação CIE 85 Tabela 4

Ponto máximo de luz natural do dia: 0,68 W/m<sup>2</sup>@340 nm

Verão de Julho no norte do Equador



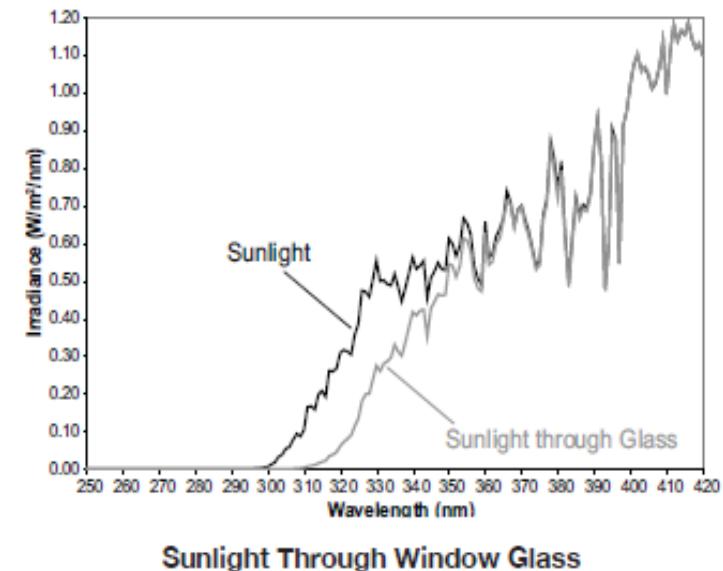
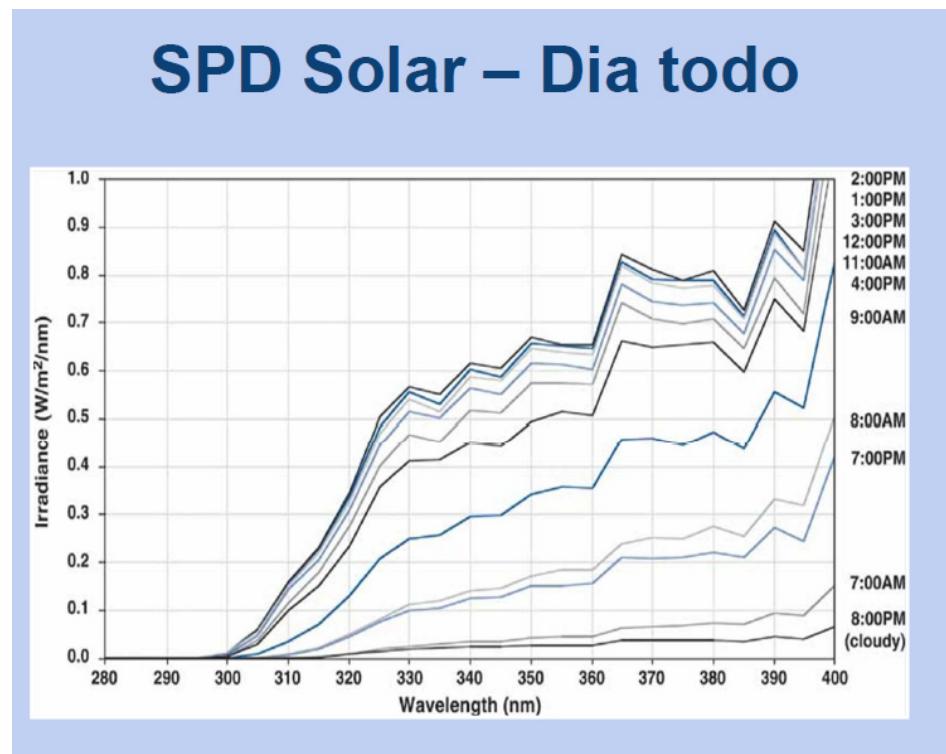
Relation Between Summer & Winter Sun Angle and Air Mass

No verão há mais UV atingindo a superfície da Terra e no inverno o contrário por conta da filtração dos raios solares pela massa de ar.

No por do sol somente os comprimentos de onda da cor vermelha e os raios infravermelhos atingem a Terra,



# VARIAÇÕES AO LONGO DO DIA E LOCAL



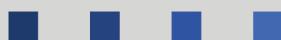
- O vidro corta os comprimentos de onda menores que 310 nm.
- Como referência tem-se um vidro claro de 3 mm de espessura.



# O FATOR UV

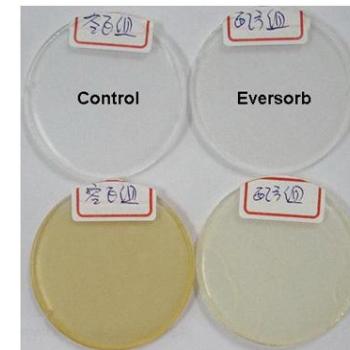


O UV representa apenas 5% da radiação solar, porém é responsável por boa parte da degradação de polímeros!



# TEORIA QUÂNTICA

- ☀ A luz chega em pequenas quantidades chamadas fótons.
- ☀ A energia de um fóton é inversamente proporcional ao comprimento de onda.
- ☀ Se a energia do fóton for maior do que a energia das ligações das cadeias, haverá degradação.
- ☀ Como exemplo, o amarelecimento é um tipo de degradação física (cor) causada pelo UV.



Resumindo: Comprimentos de onda curtas causam maiores danos que os comprimentos de onda largas.

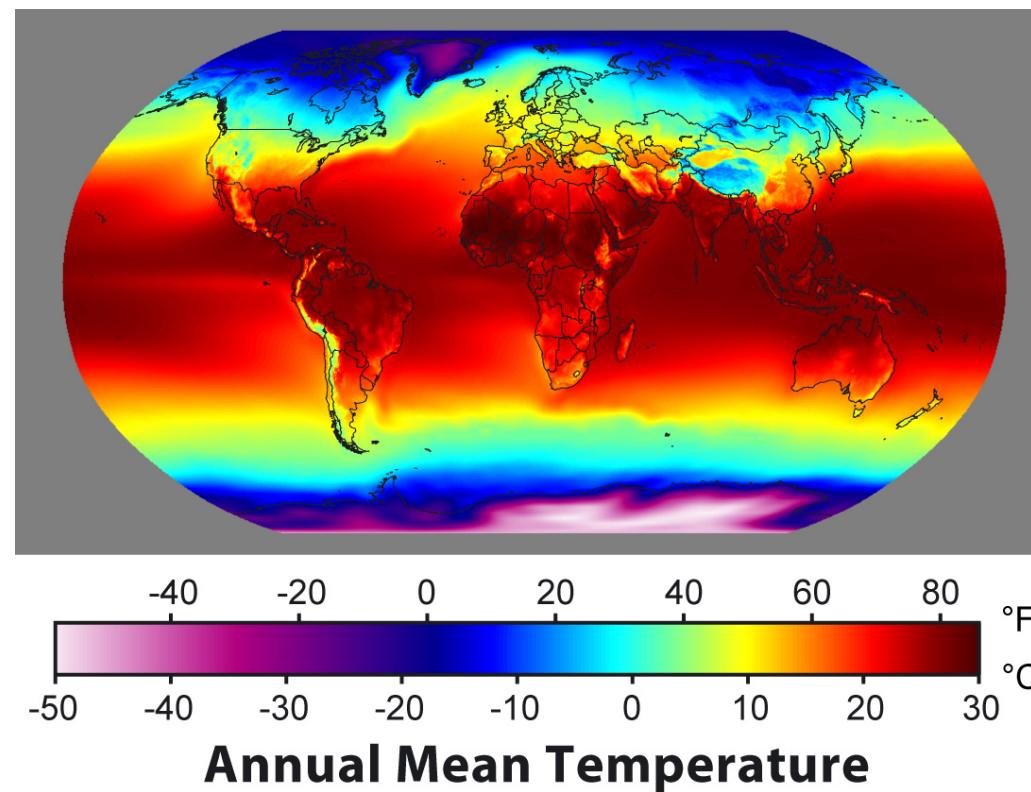


# DEGRADAÇÃO POR LUZ

- ☀ Comprimentos de onda menores, maior degradação física;
- ☀ Mudança de cor geralmente ocorre no visível (degradação de corantes);
- ☀ Pequenas mudanças no espectro podem resultar em uma grande diferença na degradação do material;
- ☀ Pequenas mudanças na formulação podem resultar em grandes mudanças na resistência ao UV.



# TEMPERATURA



# EFEITOS DA TEMPERATURA

## 2 The Arrhenius law

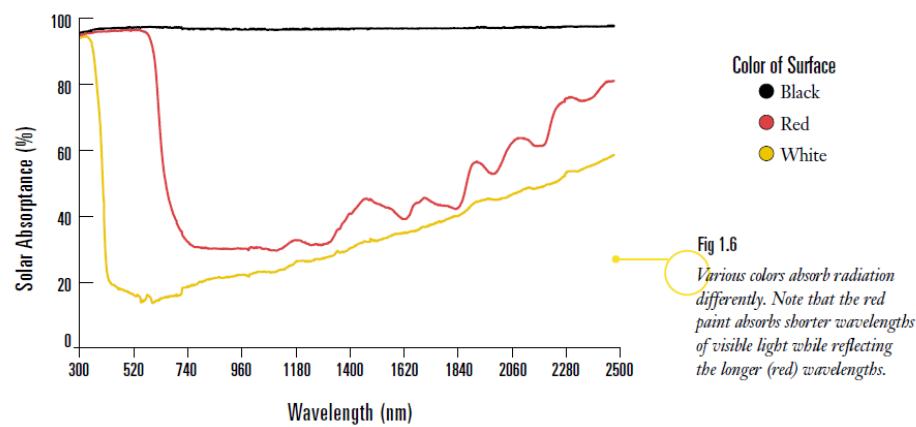


$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Diagram illustrating the Arrhenius equation with labels:   
- **pre-exponential factor** (A)   
- **activation energy** ( $E_a$ )   
- **RT**   
- **average kinetic energy**

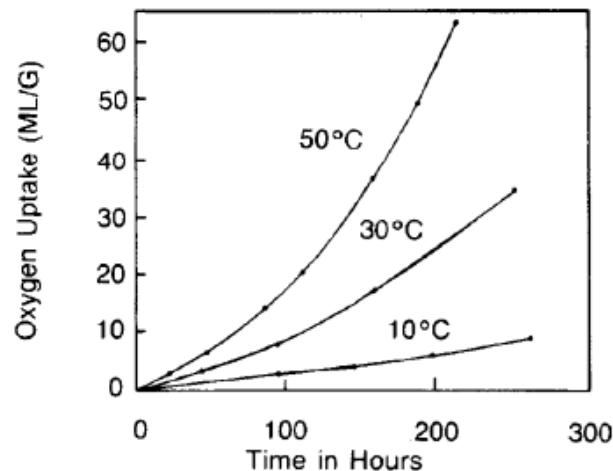
- ☀ “Regra geral” – um aumento de 10 °C duplica as reações químicas.
- ☀ Afeta as reações secundárias.

A temperatura de um material exposto ao sol vai depender de sua cor.



# EFEITO DA TEMPERATURA

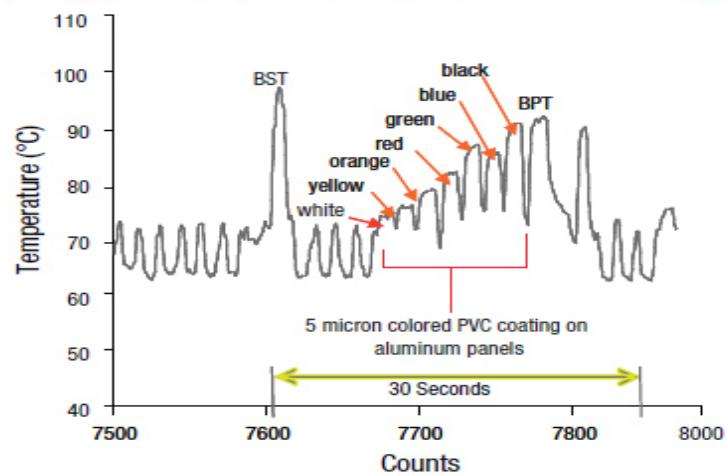
**Temperature Dependence of Oxidation Rate  
of Branched Polyethylene Exposed to  
Fluorescent Lamps**



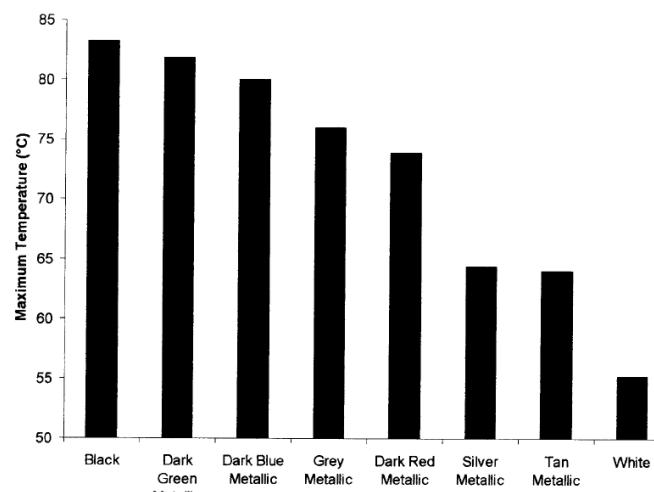
- ☀ Estresse físico
- ☀ Rompimento da cadeia



# EFEITO DA TEMPERATURA



Produtos devem ser testados em diferentes cores!

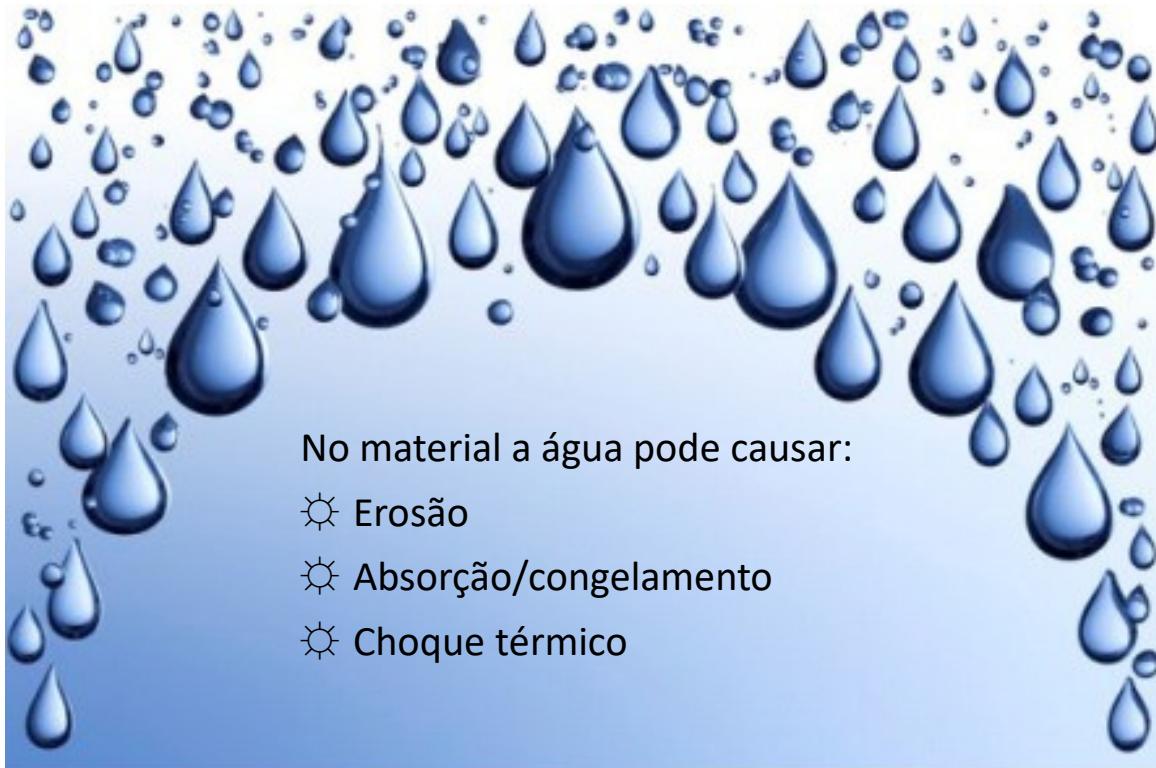


Maximum temperature of steel paint panels of various colors during Arizona exposure.

# UMIDADE



# UMIDADE



No material a água pode causar:

- ☼ Erosão
- ☼ Absorção/congelamento
- ☼ Choque térmico

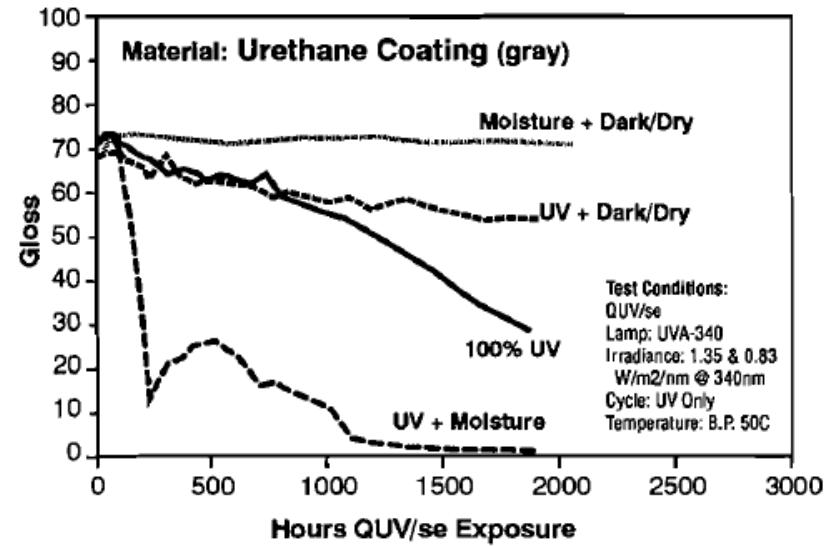
- ☼ Água está presente em todos os locais: umidade, chuva, orvalho, neve ou granizo. Todos os materiais estão expostos!
- ☼ A umidade é um dos principais fatores que causam estresse mecânico.
- ☼ O tempo que um material fica exposto à água é mais agressivo do que a quantidade de água.



# CARACTERÍSTICAS DO ORVALHO



- ☀ Alta concentração de O<sub>2</sub>;
- ☀ Maior penetração;
- ☀ Longo período de estadia;

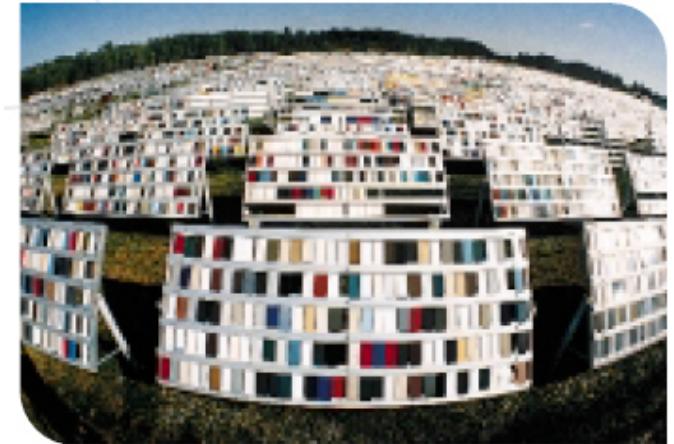


# INTEMPERISMO NATURAL



# CONSIDERAÇÕES NA EXPOSIÇÃO NATURAL

- ☀ Locais de exposição
- ☀ Ângulos de exposição
- ☀ Técnicas de apoio
- ☀ Exposição direta ou através de vidro
- ☀ Dados climáticos



Spectroradiometer



45° Pyranometer



# LOCAL DE EXPOSIÇÃO



Referência Sul da Flórida

- ☀ Alta intensidade de luz solar
- ☀ Alta temperatura média anual
- ☀ Alto índice de chuvas e umidade

Todos esses fatores juntos criam uma condição rígida para teste



Referência Sul Arizona

- ☀ Alta intensidade de luz solar (20% maior)
- ☀ Alta temperatura média anual
- ☀ Ambiente bastante seco
- ☀ Maior flutuação de temperatura ao longo do dia



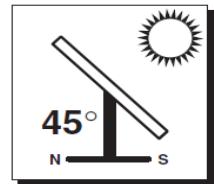
Referência Ohio

- ☀ Ambiente de neve
- ☀ Temperaturas baixas extremas

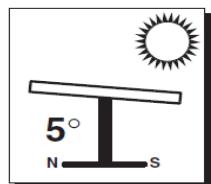


# ÂNGULO DE EXPOSIÇÃO

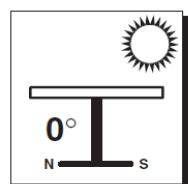
O corpo de prova deve ficar voltado para a linha do Equador



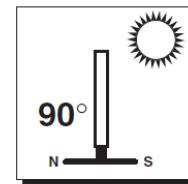
45 degree tilt angle, facing South.



5 degree tilt angle, facing South.



Horizontal (0 degree) mounting.



90 degree angle, facing South.

- Mais comum
- ASTM G7
- SAE J1976
- GM 9163P
- Cuidados com a água e quando não possui um ângulo de uso final específico

- Maior tempo de umidade
- Geralmente automotivos
- Quando o uso final é na horizontal
- Recebe mais radiação direta
- Recebe e retém mais orvalho

- Pouco usado pois não permite a água escorrer
- Bastante usado para peças tridimensionais
- Bastante usado para telhados onde a água se acumula

- Bastante usado para materiais de construção civil
- Baixa incidência de UV, de chuva e baixas temperaturas



# TÉCNICAS DE APOIO

☀ Devem levar em consideração a situação mais real com o uso final



Apoio aberto:  
Metal pintado  
Lentes plásticas



Apoio de tela:  
Amostras flexíveis  
tridimensionais



Apoio em madeira:  
Revestimentos de vinil  
telhados



# EXPOSIÇÃO DIRETA E ATRAVÉS DO VIDRO



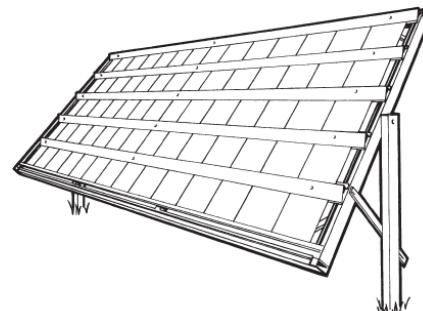
Direta (backed e open backed)

ISO 877

ISO 2810

ISO 105 B03

ASTM G7



Diferenças entre backed  
e non-backed chega a  
15 ° C



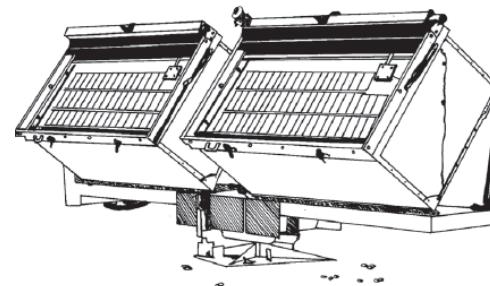
Caixa preta

- ☀ Simula condições internas de um automóvel
- ☀ Desenvolvido pela GM 1930
- ☀ Altas temperatura
- ☀ Alta umidade
- ☀ ASTM D 4141

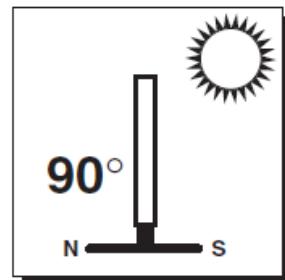


# OUTROS ENSAIOS DE EXPOSIÇÃO NATURAL

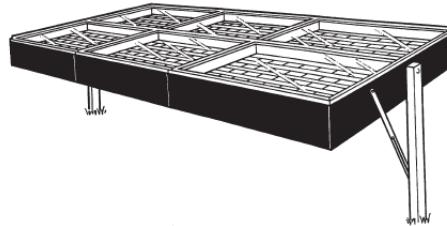
- ☀ Natural acelerado com névoa salina (5%)
- ☀ Aumento de mofo
- ☀ Caixa preta sob o vidro
- ☀ Caixa selada sob o vidro



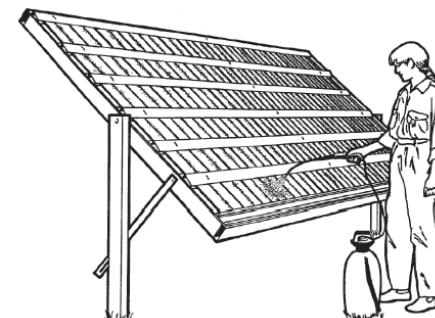
AIM Boxes have greater depth than  
Under Glass Black Box Exposures.



90 degree angle, facing South.



Under Glass Black Box Exposures are  
used to test interior automotive materials.



Salt accelerated exposures  
are sprayed twice weekly.



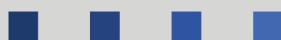
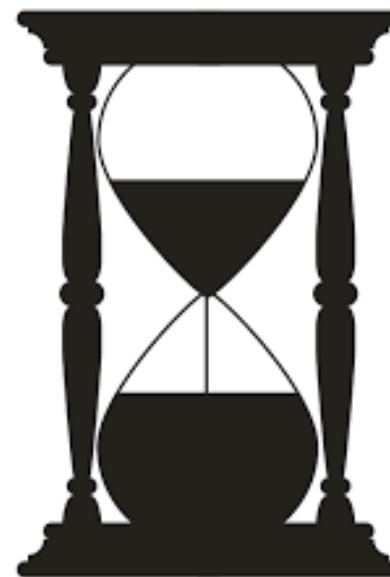
# VANTAGENS E DESVANTAGENS DO NATURAL

## Vantagens

- ☀ Mais realista
- ☀ Pode ser mais barato

## Desvantagens

- ☀ Tempo
- ☀ Falta de controle



# EXPOSIÇÃO EM LABORATÓRIO

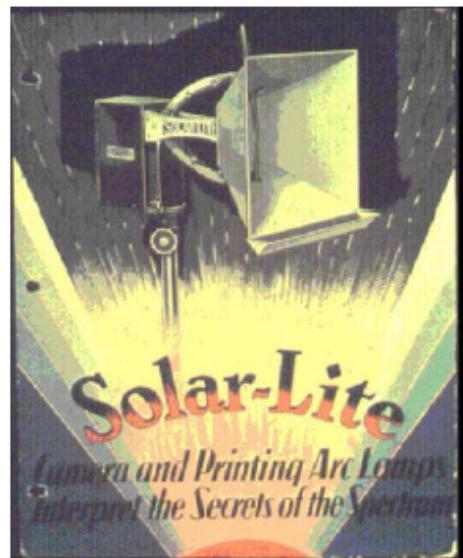


# VANTAGENS DO ENSAIO EM LABORATÓRIO

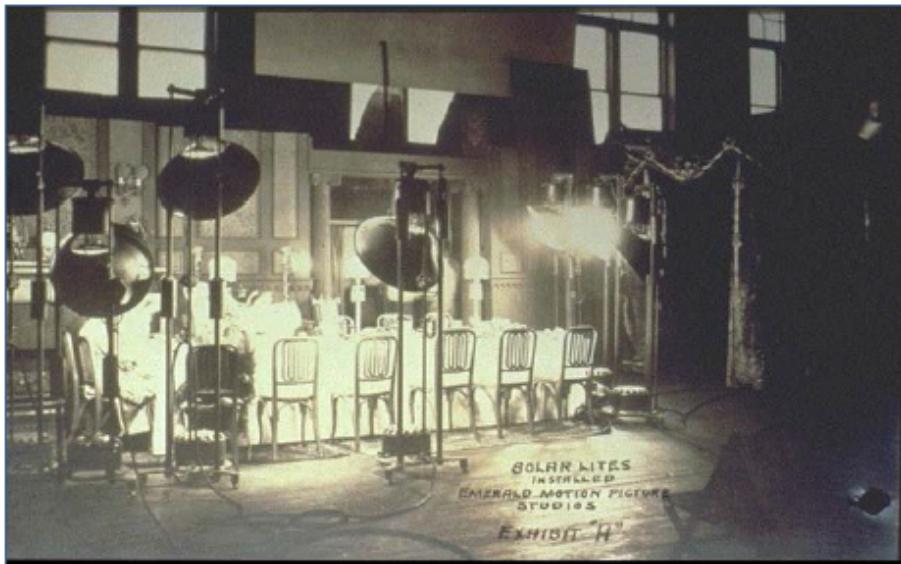
- ☀ Rapidez
- ☀ Reprodutibilidade
- ☀ Teste feito no laboratório
- ☀ Controle da qualidade e P&D
- ☀ Os equipamentos monitoram todos os parâmetros de ensaio



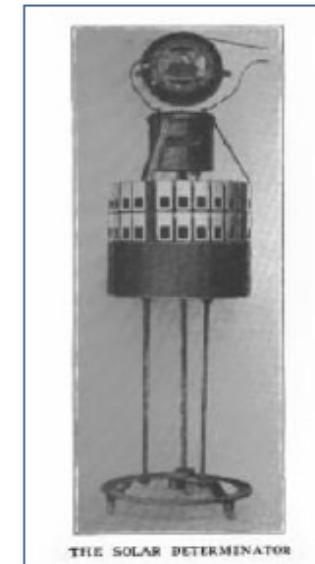
# SENTA QUE LÁ VEM HISTÓRIA ...



Carbon arc lamps for lithographic plates.



Photographic and motion picture lighting.

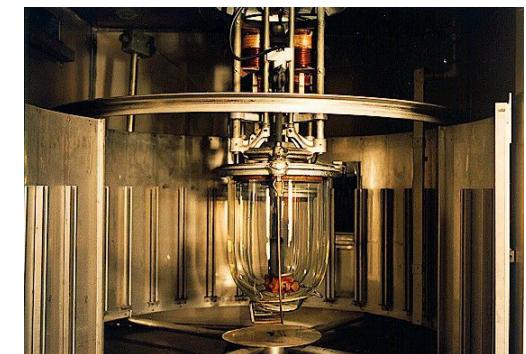
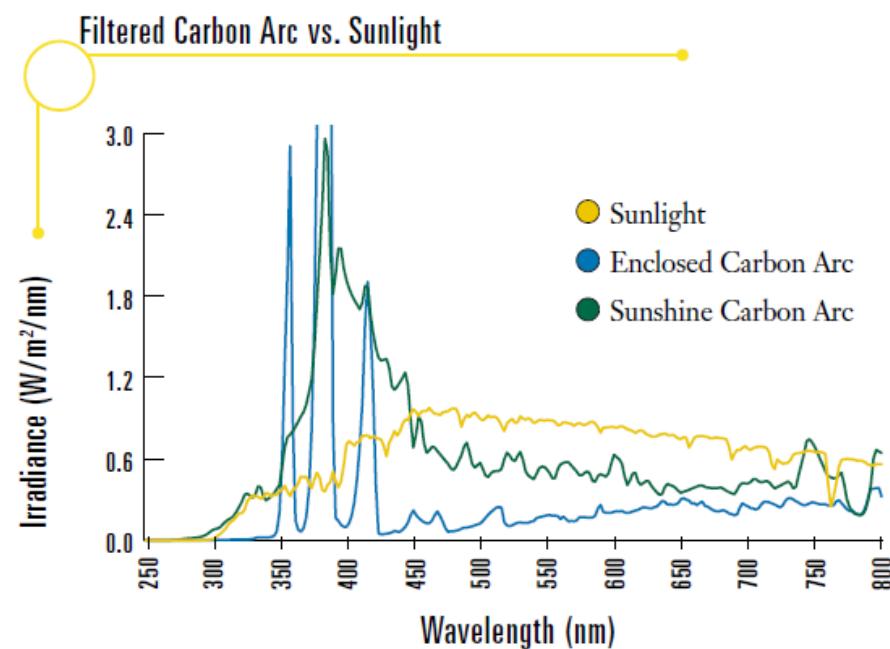


Press release February 1918



# ARCO DE CARBONO

- ☀ Muita sujeira
- ☀ Troca diária
- ☀ Alto custo de manutenção
- ☀ Spray deficiente
- ☀ Não calibrável
- ☀ Muito usado na Ásia e Japão



# ARCO DE XENÔNIO

Desenvolvido em 1954



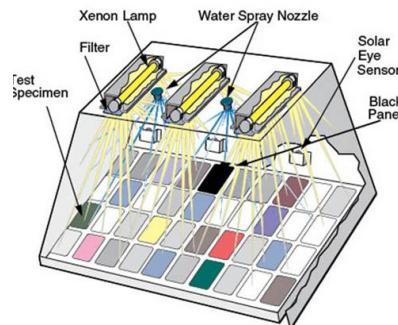
- ☀ Com filtros simula a luz solar mais próximo que qualquer outra fonte de luz
  - ☀ Ideal para materiais expostos a luz solar natural
  - ☀ Muito usado para têxteis, polímeros, pinturas e automotivas
- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| Gerais            | Pinturas    |
| ASTM G 151        | ASTM D 3794 |
| ASTM G 155        | ASTM D 3451 |
| Geotêxteis        | ASTM D 6577 |
| ASTM D 4355       | ISO11341    |
| Embalagens        | Polímeros   |
| ASTM D 6551       | ASTM D 2565 |
| Tintas            | ASTM D 4459 |
| ASTM D3424        | ISO 4892-2  |
| ASTM F 2366       | DIN EM 513  |
| Têxteis           | Automotivo  |
| AATCC TM 16       | SAE J 2527  |
| ISO 105 B-02, B06 | SAE J 2412  |
| AATCC TM 169      |             |



# ARCO DE XENÔNIO

Existem dois principais modelos:

☀ Refrigerado a ar



☀ Refrigerado a água

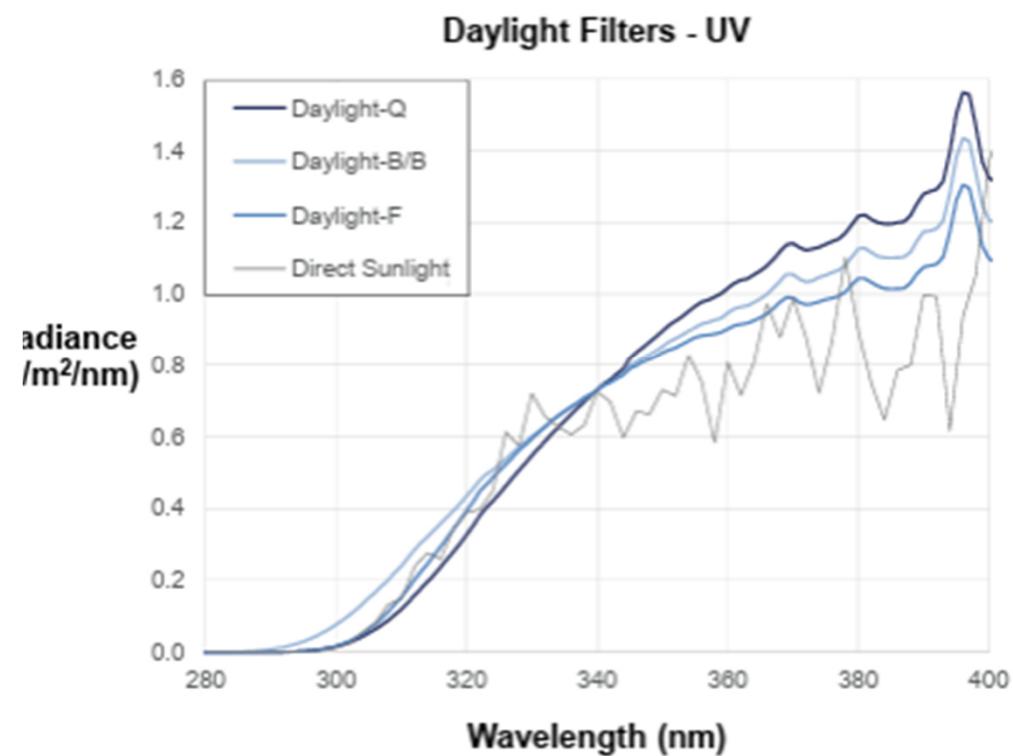


# ARCO DE XENÔNIO

<b>Filter Name</b>	<b>Nominal Cut-On</b>	<b>Recommended Use</b>
Daylight-Q	295 nm	Best for correlation with outdoor exposures. Meets definition of Type I Daylight Filter in ASTM G155 and ISO 4892-2.
Daylight-B/B	290 nm	Best for correlation to some rotating-drum style testers. Meets definition of Type II Daylight Filter in ASTM G155 and ISO 4892-2.
Daylight-F	295 nm	Accurate match to the short-wave UV portion of sunlight (Type I Daylight). Used in some ASTM and automotive test standards.
Extended UV-Q/B	275 nm	Used for some automotive test methods.
Extended UV-Quartz	250 nm	Very aggressive, very short-wave UV, extraterrestrial spectrum.
Window-Q	310 nm	Sunlight passing through clear, 3 mm window glass. Meets most ISO & ASTM requirements for Window Glass Filters.
Window-B/SL	300 nm	Recommended for AATCC procedures like TM16.3. Meets most ISO & ASTM requirements for Window Glass Filters.
Window-IR	320 nm	Reduced heat for lower exposure temperatures. Recommended for ISO 105-B02. Does not meet requirements for most ISO & ASTM Window Glass Filters.
Window-SF5	325 nm	Used for some automotive interior tests, including Ford.



# FILTROS



# ARCO DE XENÔNIO

Muito cuidado! A dosagem de energia depende do comprimento de onda na qual o ensaio foi controlado ...

126 kJ/m<sup>2</sup>  
0,35 W/m<sup>2</sup>.nm @ 340 nm  
(100 horas de exposição)



6300 kJ/m<sup>2</sup>  
35 W/m<sup>2</sup> @ 300-400 nm  
(50 horas de exposição)

$$0,35 \text{ W/m}^2 @ 340 = 41 \text{ W/m}^2 @ 300-400$$

126 kJ/m<sup>2</sup>  
0,35 W/m<sup>2</sup>.nm @ 340 nm  
(100 horas de exposição)



14760 kJ/m<sup>2</sup>  
41 W/m<sup>2</sup> @ 300-400 nm  
(100 horas de exposição)



# ARCO DE XENÔNIO

## Q-Sun Irradiance Conversions

This table can be used to convert the irradiance at a given wavelength (340 or 420 nm) to total UV irradiance from 295-385nm, 300-400nm, or total UV and visible irradiance from 300-800nm, or lux.

Filter	Irradiance (W/m <sup>2</sup> ) Set Point	Irradiance (W/m <sup>2</sup> ) from 295-385 nm	Irradiance (W/m <sup>2</sup> ) from 300-400 nm	Irradiance (W/m <sup>2</sup> ) from 300-800 nm	Lux
Daylight - B/B	0.35 @ 340 nm	31	41	374	67k
"	0.55 @ 340 nm	49	64	588	105k
"	0.68 @ 340 nm	60	79	727	130k
"	0.45 @ 420 nm	18	23	212	38k
"	1.10 @ 420 nm	43	56	519	93k
"	1.50 @ 420 nm	58	77	708	127k



# CÁLCULO DA ENERGIA DOSADA

Calculo da energia dosada:

$$E = I \times 3,6 \times t$$

Onde:

E - Energia irradiada (kJ/m<sup>2</sup>)

I – Irradiância (W/m<sup>2</sup>)

t – tempo (h)

Climatological Data — South Florida	
Latitude	25° 52' N
Longitude	80° 27' W
Elevation	3 m (10 ft) above MSL*
Temperature	Summer Winter
Average High	34°C/93°F 26°C/79°F
Average Low	23°C/73°F 13°C/55°F
Relative Humidity	
Annual Mean	78%
Annual Precipitation	
Rain	1685 mm/66 in
Annual Solar Radiant Exposure:	
Total (295–3000 nm)	6500 MJ/m <sup>2</sup>
UV (295–385 nm)	280 MJ/m <sup>2</sup>
Distance From Ocean	27 km (17 mi)

\* Mean Sea Level

$$E = I \times 3,6 \times t$$

$$E = 60 \text{ (W/m}^2\text{)} \times 3,6 \times 1296$$

$$E = 279936 \text{ kJ/m}^2 \cong \mathbf{280 \text{ MJ}}$$

$$\mathbf{*1296 \text{ h} = 54 \text{ dias}}$$



# CORRELAÇÃO DE TEMPO

Então significa que 54 dias de exposição nas condições anteriores equivalem a um ano de exposição natural?!?!?!

Climatological Data — South Florida		
Latitude	25° 52' N	
Longitude	80° 27' W	
Elevation	3 m (10 ft) above MSL*	
Temperature	Summer	Winter
Average High	34°C/93°F	26°C/79°F
Average Low	23°C/73°F	13°C/55°F
Relative Humidity		
Annual Mean	78%	
Annual Precipitation		
Rain	1685 mm/66 in	
Annual Solar Radiant Exposure:		
Total (295–3000 nm)	6500 MJ/m <sup>2</sup>	
UV (295–385 nm)	290 MJ/m <sup>2</sup>	
Distance From Ocean	27 km (17 mi)	

\* Mean Sea Level

Infelizmente, a resposta é  
**NÃO!**

NENHUM  
EQUIPAMENTO  
CONTROLA NESSA  
FAIXA!



# CORRELAÇÃO DE TEMPO

NÃO EXISTE O NÚMERO MÁGICO DE RELAÇÃO ENTRE EXPOSIÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL! 😞

*A degradação natural depende de vários fatores e não somente da energia recebida pelo material.*



# ÁGUA

- ☼ Umidade deve ser controlada de acordo com material exposto
- ☼ Causa choque térmico
- ☼ Ar mais quente mantém mais água (relação temperatura umidade)
- ☼ Extrema pureza
- ☼ Spray frontal ou traseiro



# CONTROLE DE TEMPO DAS LÂMPADAS

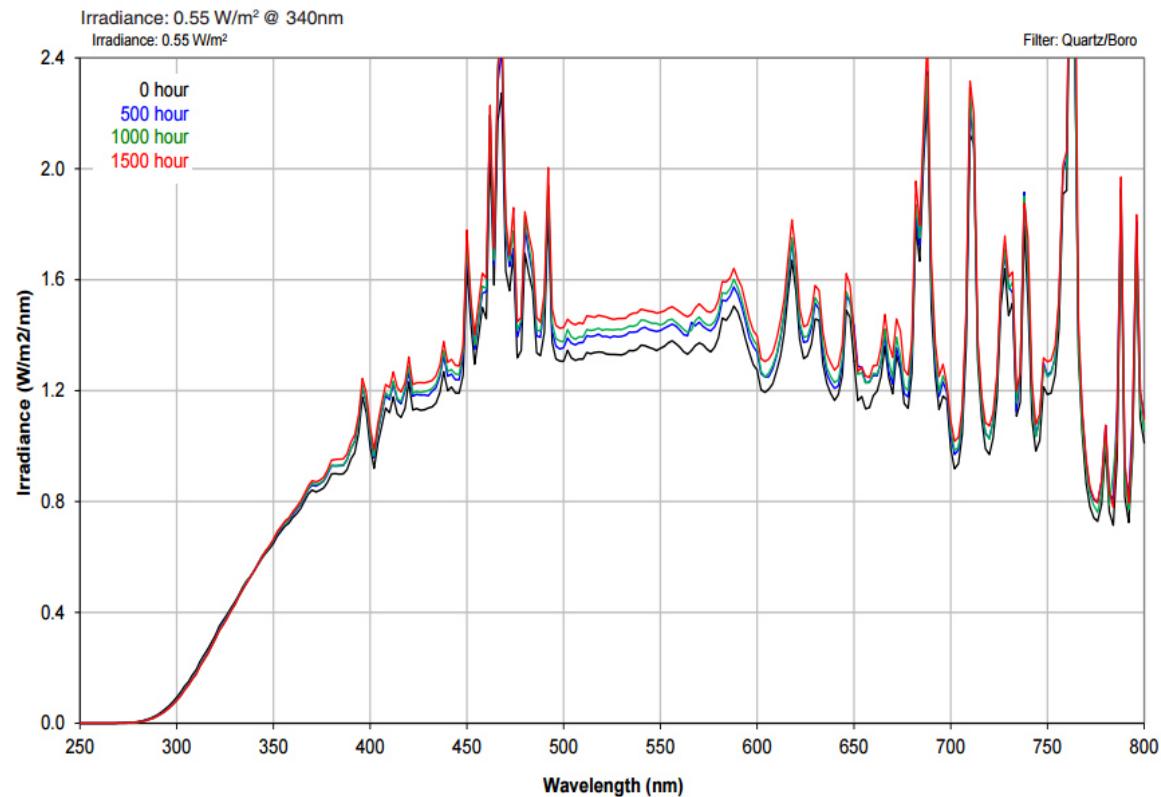
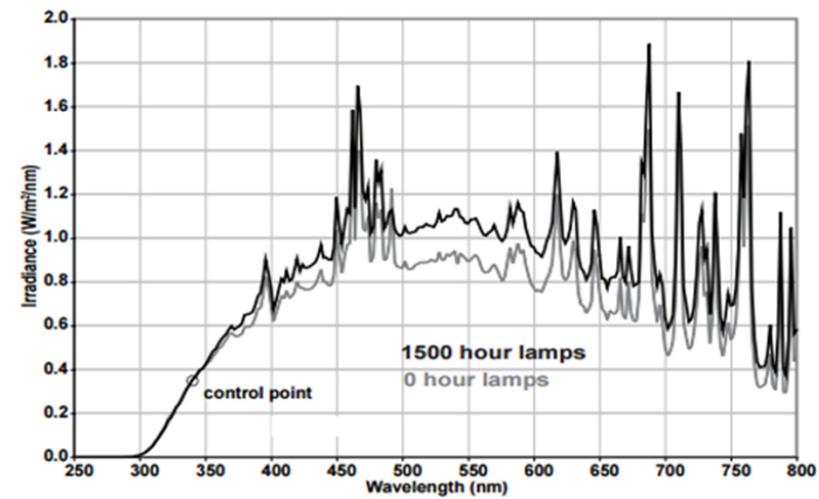


Figure 4 - Lamp Aging Spectrum Comparison: Q-Lab X-6500



After 1500 hours of use, xenon lamps change in spectral output, but the controller does a good job at maintaining the spectrum at the control point.

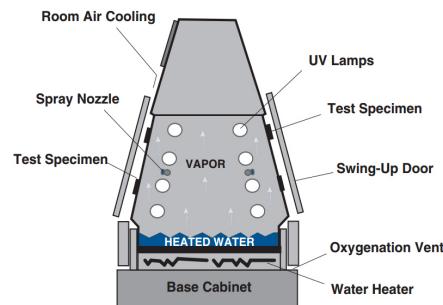


# INTEMPERISMO ACCELERADO QUV

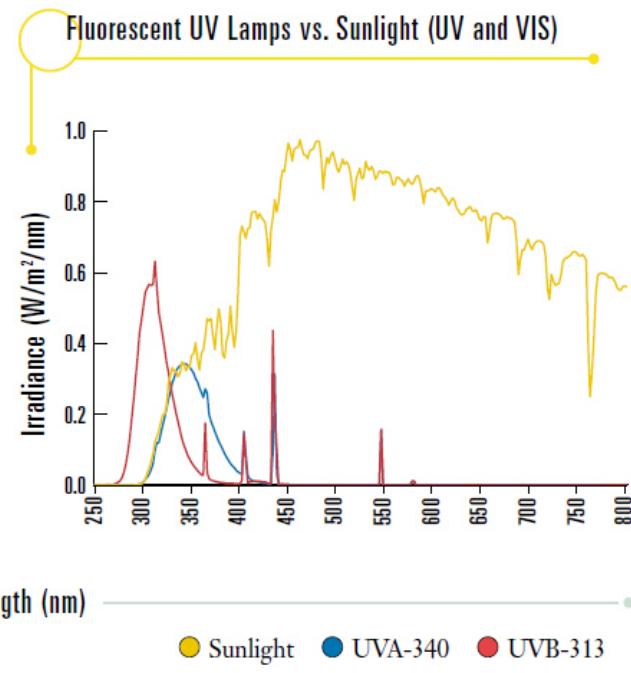
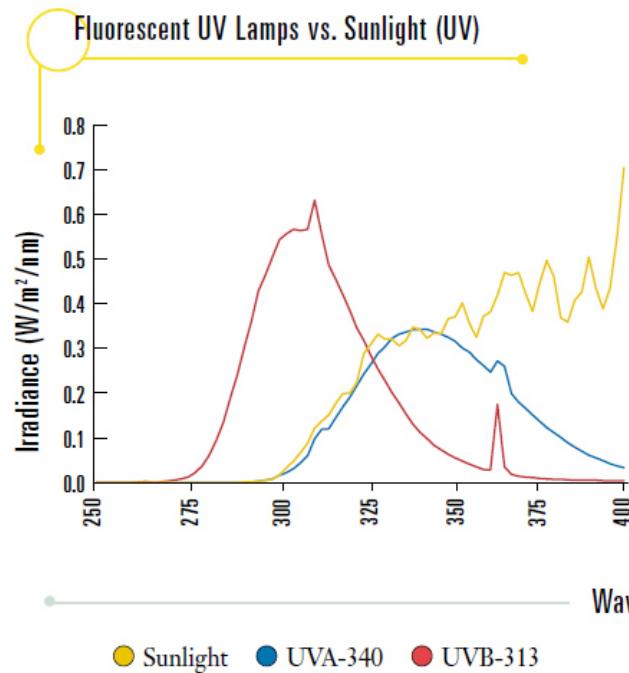


The QUV uses fluorescent UV lamps to reproduce the damaging effects of sunlight on durable materials.

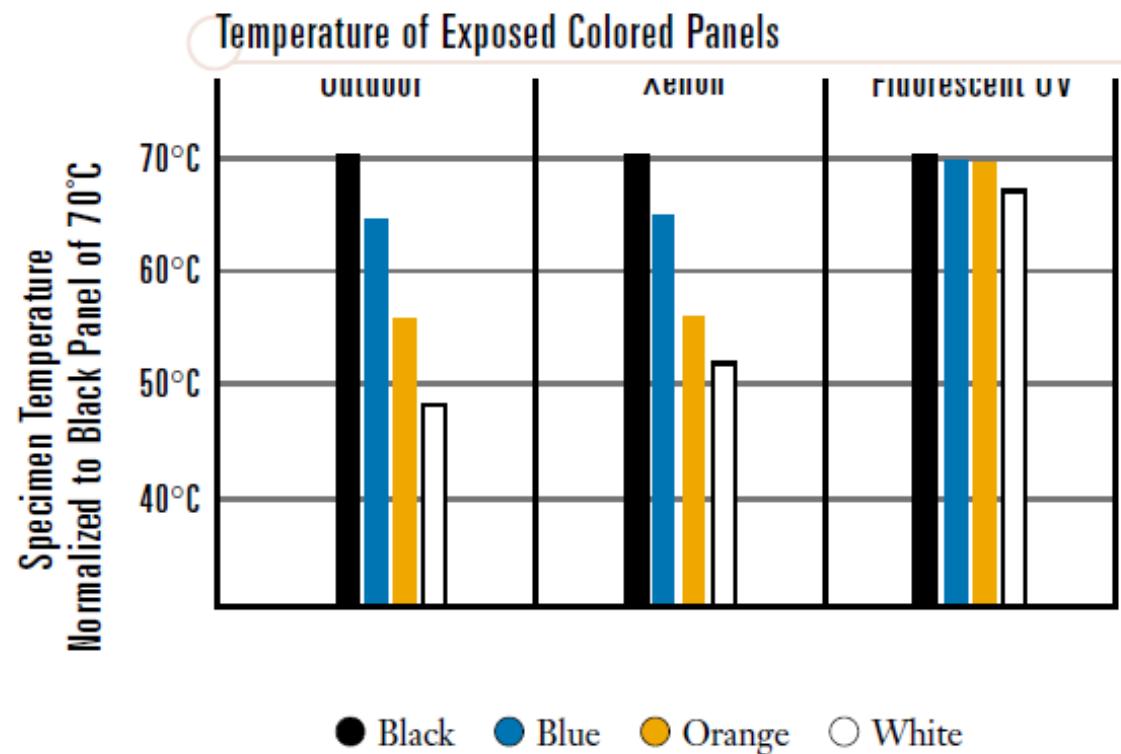
QUV Cross Section During Condensation Period



The QUV simulates outdoor moisture attack through a realistic, hot condensation system.



# UV E TEMPERATURA



# CONTROLE DAS LÂMPADAS

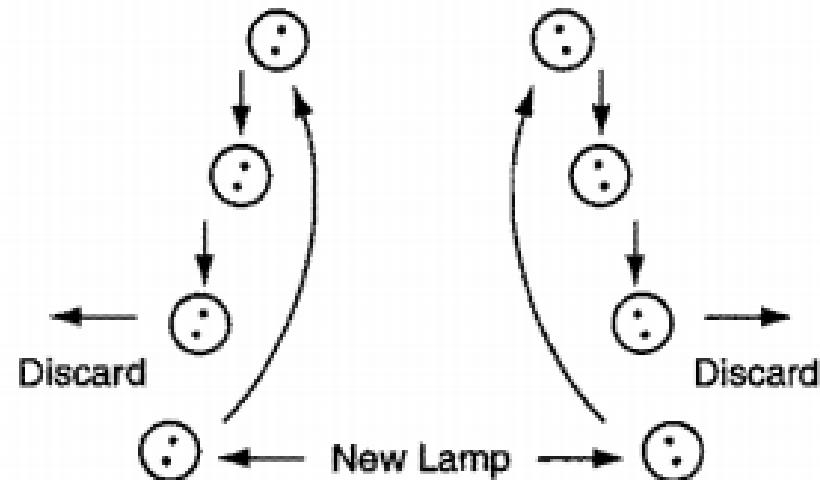


Figure 9 — Rotation/Replacement Sequence

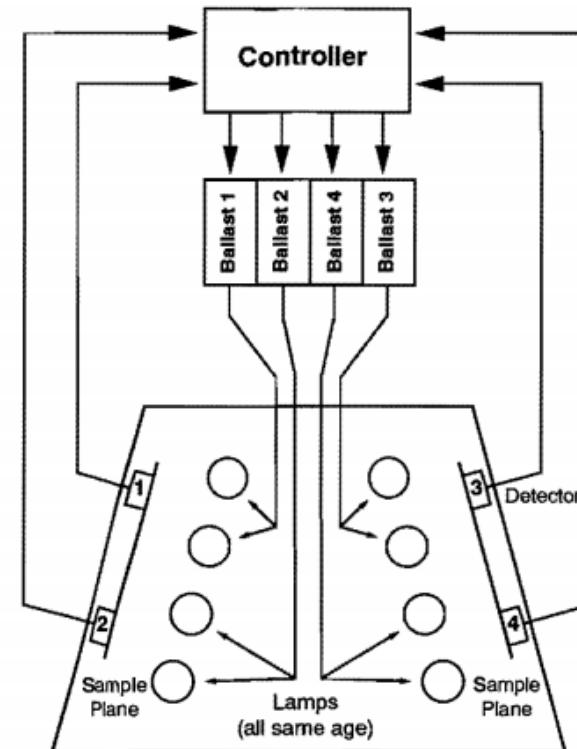


Figure 6 — Solar Eye Irradiance Control System

# CONDENSAÇÃO E SPRAY

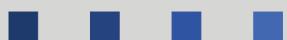
## ☀ Condensação

- Idêntica a umidade natural
- Temperatura elevada
- Água pura
- Facilidade



## ☀ Spray

- Causa choque térmico
- Erosão



# EVITE ERROS E MITOS

Razões para baixa correlação	O mito	Realidade
Fontes de luz de baixo comprimento de onda	A alta radiação dos baixos comprimentos de onda irão degradar meu material mais rápido	A alta energia presente na radiação de baixo comprimento de onda pode causar uma degradação irreal
Exposição contínua à luz	Maximizar o tempo de exposição à luz irá tornar o ensaio mais curto	Alguns materiais precisam do “período de descanso” para que certas reações químicas ocorram. Uma vez que em exposição natural, sempre haverá um período escuro, faz sentido simular isso em equipamentos.
Altos níveis de irradiação (especialmente em, fontes artificiais)	Lançar altas irradiações sobre minha amostra é o único jeito de acelerar o ensaio	Algumas alterações que ocorrem no material à altas irradiações podem não ocorrer na exposição natural
Temperaturas muito elevadas	Altas temperaturas levam a taxas de degradação maiores o que irá acelerar meus resultados	Altas temperaturas podem acarretar diferentes tipos de reação que não necessariamente ocorreria no material
Diferenças de temperatura entre ciclos claro e escuros irreais	Uma vez que a radiação UV é a mais importante, não necessito me preocupar com o ciclo escuro	Materiais com diferentes cores e estruturas reagem diferentemente à temperatura mesmo em ciclos escuros

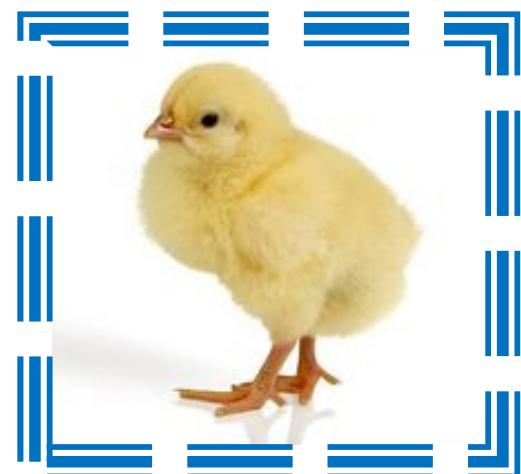


# EVITE ERROS E MITOS

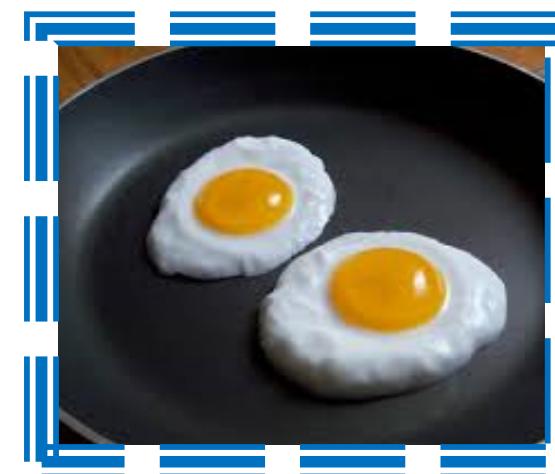
Razões para baixa correlação	O mito	Realidade
Níveis irreais de umidade	Uma vez que a umidade auxilia na degradação, manter o material encharcado irá acelerar o processo	O ciclo de absorção e desabsorção de água causam um estresse no material que podem degradar ainda mais que manter o material encharcado
Ausência de poluentes ou agentes biológicos	Uma vez que estes são itens secundários de degradação, não há necessidade de se preocupar com o efeitos destes no material	Equipamentos somente utilizam os principais fatores de degradação, por isso uma relação de tempo usando este método deve ser cuidadosamente estudada



# CUIDADO



21 dias @ 35 ° C



5 min @ 180 ° C





# Obrigado!

- Fernando Soares de Lima
- [nandosl@ipt.br](mailto:nandosl@ipt.br)



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt\\_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

