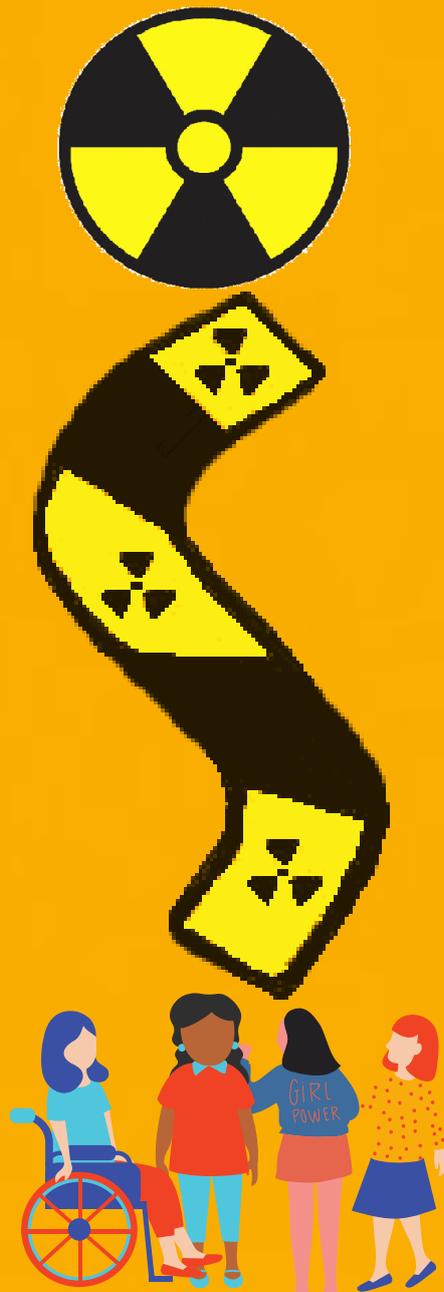


Projeto de extensão
Meninas da Física
registrado na SIEX sob
número 19909-2019



Trilha da Radioatividade



Trilha da Radioatividade

Um manual para a implementação desta
prática no ensino

Por Meninas da Física

- **Idealizadoras:** Camila Carolina Calixto Oliveira Costa e Monique França e Silva.
- **Escritoras:** Evelyn Christiny Marques Prais, Melissa Naomi Takemori Barbosa, Monique França e Silva e Samara Pavan Souza.
- **Professores Coordenadores:** Profa. Dra. Ana Paula Perini e Prof. Dr. Lucio Pereira Neves.
- **Arte e Design:** Brenda Batalini Rodrigues, Evelyn Christiny Marques Prais, Kasmyah Karlla Alves Silva e Melissa Naomi Takemori Barbosa.
- **Ano de produção:** 2020

Projeto de Extensão da Universidade Federal de
Uberlândia Meninas da Física, número de registro
SIEX 19909-2019

Índice

Apresentação -----	01
Quem somos (Meninas da Física) -----	02
O que é a Trilha da Radioatividade? -----	04
Quem pode desenvolver esta atividade? -----	04
O que preciso saber antes de realizar a Trilha da Radioatividade?-----	04
Descoberta dos Raios-X-----	05
O início da descoberta da Radioatividade -----	10
Elementos Químicos Radioativos -----	12
O que é a Radioatividade Afinal? -----	14
Tipos de radiação ou partículas -----	15
Como montar a sua Trilha da Radioatividade -----	17
Onde selecionar as fotografias ou informações textuais para os pôsteres?-----	20
Divisão da Trilha -----	21
Decoração -----	26
Quiz-----	26
Preparação -----	27
Dinâmica -----	27
Material extra -----	28
Referencial Bibliográfico -----	30
Bibliografia das imagens -----	32

Apresentação

Temos aqui um pequeno “manual” para professores, alunos e comunidade que queiram realizar a Trilha da Radioatividade, e assim se divertir e aprender um pouco sobre a grande e ilustre história da radioatividade e suas aplicações.

Durante o Manual, deixamos alguns QR codes como este mostrado abaixo, o qual pode ser lido com o seu celular. Neles há as referências de imagens utilizadas e também outros conteúdos extras que você pode aprender. Os links também estão escritos na seção "Bibliografia das imagens".



LEIA-ME!

Quem Somos

O projeto Meninas da Física surgiu no início do ano de 2018, com o objetivo de participar do Programa Embaixadores Nucleares, promovido pela Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN). Ao longo do ano foram realizadas diversas atividades, com o intuito de promover a mudança da concepção errônea sobre a radioatividade e informar sobre os seus benefícios, bem como incentivar a presença feminina na física. A participação no Programa Embaixadores Nucleares resultou no 2º lugar geral. Após a finalização deste programa, novas integrantes foram convidadas, sendo que de 4 integrantes iniciais hoje são 45 colaboradores. O projeto também foi registrado no Sistema de Informação de Extensão da Universidade Federal de Uberlândia (SIEX/UFU, Registro nº 19909).

Atualmente, o projeto Meninas da Física visa dar destaque para a atuação das mulheres na ciência e no mercado de trabalho, além de ajudar estudantes do ensino médio com o reforço escolar e atrair novos talentos para as universidades. Este projeto é aberto ao público, e não é desenvolvido apenas por mulheres, pois o intuito é unir esforços para a diminuição do machismo e do preconceito.

Além disso, o Meninas da Física conta com uma divulgação nas redes sociais, como Instagram, Facebook, Twitter e Youtube, onde são postadas notícias científicas, principalmente destacando trabalhos de mulheres cientistas, e meios de comunicação para realização do reforço escolar virtual.

Quem Somos

Coordenadoras



Brincando & Aprendendo



SMSTEM ITA

Stand Vem pra UFU



O que é a Trilha da Radioatividade?

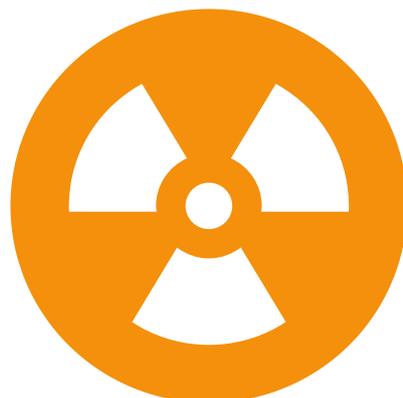
A **Trilha da Radioatividade** é uma exposição e quiz de perguntas e respostas sobre os fatos marcantes na história e curiosidades ao longo de séculos de **desenvolvimento científico**.

Quem pode desenvolver esta atividade?

Esta atividade é bem flexível, e foi desenvolvida para ser realizada com poucos recursos. O importante é a interação entre os tutores e os alunos.

O que preciso saber antes de realizar a Trilha da Radioatividade?

Antes de montar a Trilha é necessário aprender a **História da Radioatividade**, saber quem são as grandes mentes envolvidas e os fatos mais marcantes e interessantes para realizar a exposição (Trilha). Vale ressaltar que a **descoberta da radioatividade** não se deu através de um(a) cientista ou de um experimento, mas sim por meio de **diverso(a)s cientistas e seus aparatos experimentais**, ao longo do tempo. Então, vamos para uma breve exposição da História da Radioatividade?



DESCOBERTA DOS RAIOS-X

Nessa trilha do tempo, partiremos do dia 8 de Novembro de 1895, dia em que o Físico **Wilhelm Conrad Röntgen** (1845 - 1923) durante seus estudos de condutividade de gases por meio do **tubo de Crookes**, descobre os raios-X.

“Röntgen viu com espanto a tela brilhar, emitindo luz. Achou que esta luz não poderia ser proveniente da válvula, pois a mesma estava coberta por uma cartolina negra e nada (luz ou raio catódico) poderia ter vindo dela. Surpreso, fez várias investigações. Virou a tela, expondo o lado sem o revestimento de platinocianeto de bário, e esta continuava a brilhar. Colocou diversos objetos entre a válvula e a tela e viu que todos pareciam transparentes, mas não demorou a ter uma surpresa maior, quando sua mão escorregou em frente à válvula e viu seus ossos na tela. Registrou em chapas fotográficas suas observações e só então teve certeza de que estava diante de algo novo”.

(Xavier A, 2007, pág.83)



[1] Wilhelm C. Röntgen.



[2] Representação do experimento com chapas fotográficas.



[3] 1ª imagem de raio-X.



Além disso, em seus artigos, Röntgen, explicou o **comportamento** dessa radiação (raio-X) e a diferenciou da luz, e de outras **ondas eletromagnéticas**. Segundo ele:

“Ela produzia luminescência em certos materiais fluorescentes, sensibilizava chapas fotográficas, mas em si era invisível ao olho humano, não parecia sofrer refração, nem reflexão, nem polarização. Não se tratava de luz (por ser invisível e atravessar grandes espessuras de madeira ou papel), não era igual aos raios catódicos (não sofria desvio com ímãs e tinha poder de penetração muito superior), nem aos raios ultravioleta ou infravermelho (pelo seu poder de penetração)”.

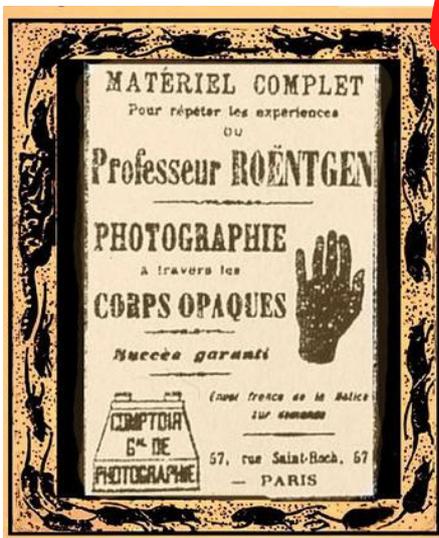
(Röntgen,1895, pág.64, Tradução de Lima, Afonso e Pimentel, 2008, p.262)

Com o “poder” de visualizar os corpos e objetos, a **descoberta dos raios-X** teve grande exposição ou repercussão nos veículos de comunicações na época, despertando a curiosidade de toda a população. Em uma das reportagens, o jornal Daily Chronicle de Londres, em 06/01/1896, publicou a seguinte notícia:

“O ruído de alarmes de guerra não deve desviar nossa atenção do maravilhoso triunfo da ciência que foi noticiado em Viena. Foi anunciado que o Professor Röntgen, da Universidade de Wurzburg, descobriu uma luz que, para as finalidades de fotografia, pode penetrar através de madeira, carne e a maioria das substâncias orgânicas. O professor fotografou com sucesso objetos maciços de metal que se encontravam dentro de uma caixa de madeira; também a mão de um homem, que mostrava apenas os ossos, a carne sendo invisível”.

(Jornal Daily Chronicle, 1896 - Tradução de Lima, Afonso e Pimentel, 2008)

[4] Notícia da descoberta do raio-X.



[5] Notícia da descoberta do raio-X.

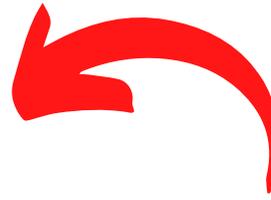


REMARKABLE SCIENTIFIC DISCOVERY.

(FROM OUR CORRESPONDENT.)

VERONA, August 18th.
A sensational discovery, which, if the reports are confirmed, is likely to be attended by important consequences for physical and medical science, is spoken of in several of the newspapers. A new method of light has been discovered by Professor Roentgen, the well-known physicist at the University of Würzburg. So far his experiments have resulted in the discovery that light penetrates wood and the flesh of man and animals, without, however, penetrating bones and metals. The professor succeeded in photographing metal weights placed in a slating window pane. The photograph sent to Verona shows only the weights, but nothing of the man. Another photograph of a man's hand shows only the bones, while the flesh remains invisible. Professor Roentgen's experiments are conducted in the following way—he takes a so-called Crook's pipe—viz., a well grained

cut glass pipe, with an induction current going through it, and by means of the rays which that pipe is emitting he photographs on ordinary photographic plates. In contrast with the ordinary rays of light these rays penetrate woods and organic matter and other opaque substances, just in the same way as the ordinary rays of light penetrate glass. Experiments were also made in photographing hidden articles with the apparatus used, and produced equal success. The rays penetrated not only the window pane containing the article, but also the cover placed before the plate of the apparatus. The scientific world here is much excited by the discovery, which it is believed will be of the greatest importance for many branches of knowledge. Already in its present stage it will be an excellent instrument for surgeons, particularly in cases of complicated fractures of limbs, in searching for the lesions of the wounded, &c. The photo will show not only an exact picture of a fracture, or the situation of a bullet, but also the patient, such painful medical probing will be avoided.



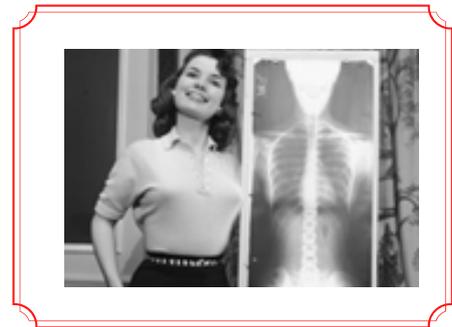
[6] “The Daily Chronicle” (POSNER, 1970).

FATO CURIOSO:

A repercussão dos raios-X foi gigantesca, todos queriam visualizar seus efeitos, e as “**famosas fotografias**”. Na época, surgiu um concurso (World Posture Queen) de beleza interior, em que as mulheres eram **expostas a radiação X** para “fotografar” a sua parte interior para concorrerem ao título de Rainha Mundial da Postura. Esse concurso durou 14 anos, tendo a sua última edição em 1969.



[7] e [8]
Concurso de
beleza interior.



Concurso de Beleza interior.

Hoje isso seria inaceitável! Diversas **leis protegem** a população deste tipo de **exposição desnecessária**. Mas vale ressaltar, que na época, os cientistas e a população não sabiam dos **efeitos nocivos da radiação no corpo humano**. Como toda descoberta proporciona novos conhecimentos, a partir de vários casos de efeitos biológicos da radiação na população, surgiram os estudos e as **normas de Radioproteção e Dosimetria**.

QUER OUTRA CURIOSIDADE? LÁ VAI...

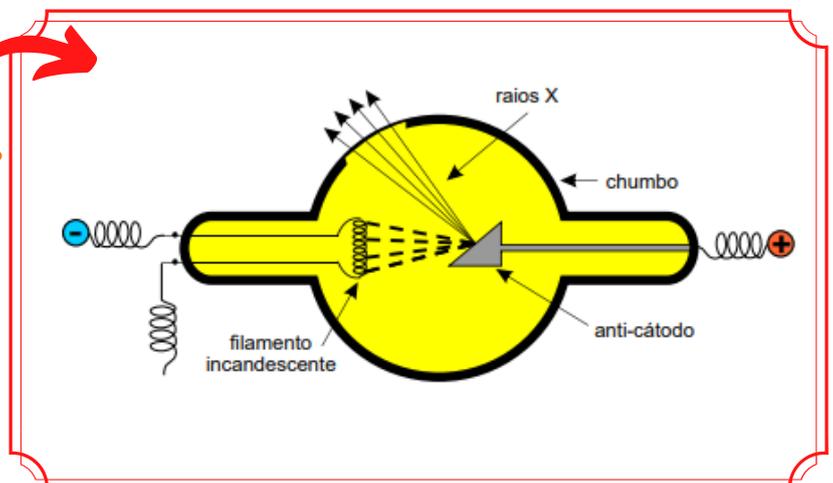
Diversos produtos empregavam o nome raio-X para marketing.



[9] Diversos produtos com o nome X-Ray (GERSON, 2004)

É importante destacar que o raio-X é uma **radiação artificial**, composta de **ondas eletromagnéticas** de alta energia resultante de colisões entre **elétrons**. Assim, a origem dos raios-X é **extra-nuclear**.

[10] Esquema da produção do raio-X.



VOCÊ SABE QUAL É A COR DA CHAPA FOTOGRÁFICA NOVA, OU SEJA, SEM SER USADA? SERÁ QUE É BRANCA OU PRETA?

Se você pensou em **branca**, acertou. O que vemos em uma chapa fotográfica, de um exame de raio-X, é uma **escala de cinza**, variando da cor branca à preta. Se nenhum fóton de raio-X incidir na placa, esta continuará branca, e se muitos fótons incidirem, esta ficará cada vez mais escura. A depender da quantidade de fótons que “passam” pelo nosso corpo, a chapa terá uma coloração diferente, em escala de cinza. A quantidade de fótons que são absorvidos pelo nosso corpo está relacionada ao **material com o qual ele interage**. Se forem **ossos**, por exemplo, muitos fótons serão absorvidos, e poucos chegarão à placa. É por isso que estes são vistos como **brancos na imagem!**

O INÍCIO DA DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

Röntgen foi laureado com o **primeiro Prêmio Nobel de Física**, em 1901, devido à **descoberta do raio-X**. Além disso, esta descoberta levou vário(a)s cientistas a estudarem os raios-X e as substâncias fosforescentes ou fluorescentes.

Um dos mais importantes cientistas desta época foi **Antoine H. Becquerel** (1852-1908), que adicionou o elemento **urânio** nos seus experimentos. Ele chegou à conclusão de que a radiação penetrante era originária do próprio elemento, e **não** tinha relação com o **fenômeno da fluorescência**.

Os estudos de Becquerel foram os primeiros relatos para a descoberta da **Radioatividade**. Em 1896, Becquerel descobriu um novo fenômeno. Segundo a pesquisadora Okuno (2007), diariamente, Becquerel exponha ao sol o seu experimento com **sulfato de urânio e potássio** em uma chapa fotográfica revestida em um papel preto e observava, ao revelar o **filme fotográfico**, uma “mancha” marcada na posição em que os sais estavam. Ele achava que esse efeito era proveniente da interação dos **raios luminosos do sol (luz)** no material. Mas, até que um dia, o tempo ficou “fechado” nublado e chuvoso, e assim ele decidiu guardar o seu experimento em uma gaveta, em que havia totalmente a **ausência da luz**.

“Como o sol não voltou a aparecer durante vários dias, revelei as chapas fotográficas na expectativa de encontrar imagens muito deficientes. Ocorreu o oposto: as silhuetas apareceram com grande nitidez. Pensei imediatamente que a ação poderia ocorrer no escuro.” (SEGRÈ, 1987, p. 29)

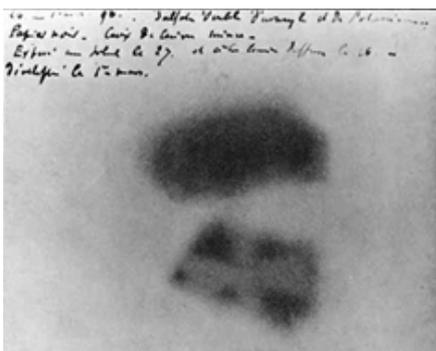
Desta maneira, Becquerel percebeu que o efeito era proveniente dos sais de urânio e não da presença da luz. Assim, ele descobriu uma nova propriedade do elemento, que foi denominada Radioatividade pela cientista Marie Sklodowska Curie. Também, ele percebeu que o “urânio ionizava gases, transformando-os em condutores” (Chassot, 1995).



[11] Antonie Henri Becquerel.



[12] Becquerel em seu Laboratório.



[13] Imagem da cruz de cobre entre os cristais de urânio.



DÚVIDA: QUAL A DIFERENÇA ENTRE OS RAIOS-X E A RADIAÇÃO DESCOBERTA POR BECQUEREL(SAIS DE URÂNIO)?

Mas qual a diferença entre os **raios-X e a radiação descoberta por Becquerel**? Já que ambos têm o “poder” de emitir fótons e marcar uma chapa fotográfica. As radiações descobertas por Becquerel por meio dos sais urânio eram provenientes do **núcleo do elemento e os raios-X** são provenientes de interações **extra-nucleares**.

ELEMENTOS QUÍMICOS RADIOATIVOS

Mesmo com os experimentos de Becquerel com os **sais de urânio**, o mesmo não conseguiu definir um conceito ou definição para este novo fenômeno. Desta maneira, as descobertas de Becquerel despertaram o interesse de muitos cientistas, entre eles, o Casal Curie (**Pierre Curie e Marie Curie**). O objetivo do casal, em especial da cientista Marie Curie era tentar **descobrir outros elementos químicos** que tinham as mesmas propriedades do urânio, ou seja, elementos que também **emitissem radiação**.

Em 1898, o Casal Curie conseguiu descobrir que o elemento **tório emitia radiações** iguais ao urânio, por meio de uma **câmara de ionização**. Depois, estudando a **pechblenda** eles descobriram e isolaram dois elementos químicos que possuíam propriedades **radioativas: o polônio e o rádio**.

"Cremos portanto que a substância que retiramos da pechblenda contém um metal ainda não identificado, vizinho ao bismuto por suas propriedades analíticas. Se a existência desse novo metal for confirmada, propomos dar-lhe o nome de polônio, nome do país de origem de um de nós." (CURIE & CURIE, 1898 - Tradução de MARTINS, 2003).



[14] Casal Curie no Laboratório.



[15] Marie Curie em seu Laboratório.



Essa parte da história também teve grande repercussão entre os cientistas, empresários e a população em geral. O novo **elemento rádio** foi o que teve maior repercussão, além de, infelizmente, ser usado inadequadamente. O rádio foi empregado nas **áreas alimentícia** (chocolate, água), **cosmética** (maquiagens e cremes), **farmacêutica** e em **objetos de uso cotidiano** (relógios e joias). Nos jornais e nas propagandas, o rádio era visto como **“solução mágica da medicina”** (Chase, 1921), que tinham o “poder” de “restaurar a saúde a milhares de pessoas” (Bardwell, 1926) e rejuvenescer as mulheres. Nenhum destes efeitos **jamais foi comprovado**, e na realidade, se mal empregado, este elemento pode levar ao **aparecimento de tumores**, ou, se em grandes doses, à **Síndrome Aguda da Radiação**. Por isso, sempre deve-se buscar usar produtos com **comprovação científica!**



[16] Anúncio dos produtos.

Em seus estudos, o casal ficou impressionado em como os novos elementos emitiam **“mais” radiações do que o urânio**. Concluíram que de um elemento radioativo outros elementos poderiam surgir (**decaimento**). Estes novos elementos, por sua vez, poderiam ser radioativos ou não.

“Todos os minerais que se mostraram ativos contêm os elementos ativos. Dois minerais de urânio – a pechblenda (óxido de urânio) e a calcolita (fosfato de cobre e uranila) são muito mais ativos do que o próprio urânio. Esse fato é muito notável e leva a crer que esses minerais podem conter um elemento muito mais ativo do que o próprio urânio. (CURIE, 1898, p. 1102 - Tradução Martins, 1990).

Foi pelos estudos do **Casal Curie** que o termo **Radioatividade** foi cunhado.

“Os raios urânicos foram frequentemente chamados raios de Becquerel. Pode-se generalizar esse nome, aplicando-o não apenas aos raios urânicos, mas também aos raios tóricos e a todas as radiações semelhantes. Chamarei de radioativas as substâncias que emitem raios de Becquerel”. (CURIE, 1899, p. 42 - Tradução Martins, 1990).

O QUE É A RADIOATIVIDADE, AFINAL?

Emitir radiação é uma propriedade de um **elemento químico instável**. Desta emissão, outro elemento pode ser formado, por meio do processo de **decaimento radioativo**.

Você já se perguntou: Como são essas radiações emitidas pelos elementos radioativos?

Se a resposta foi sim, **Parabéns!** Você é uma pequena, ou pequeno, **cientista!!**

*Esta pergunta foi realizada por vários cientistas, e os pesquisadores **Ernest Rutherford** e **Paul Villard** identificaram e explicaram essas radiações.*

Tipos de radiação ou partículas

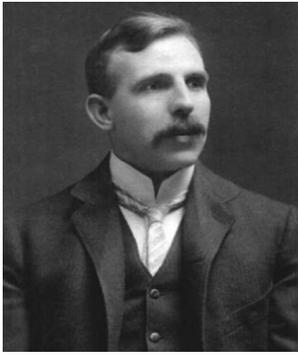
A partir de 1898, Rutherford com seu aparato experimental, usando os **elementos radioativos: urânio e polônio**, conseguiu estabelecer e confirmar a teoria da radioatividade proposta pelo casal Curie. Com isso, também foi proposto um **novo modelo atômico**.

*“Estas experiências mostram que a radiação de urânio é complexa, e que estão presentes pelo menos dois tipos distintos de radiação – uma que é muito facilmente absorvida, que será denominada, por conveniência, **radiação alfa**, e a outra de um caráter mais penetrante, que será denominada **radiação beta**” (RUTHERFORD, 1898, pg.175 - Tradução de Domingos et. al 2011.).*

Segundo Rutherford e Soddy:

“A radioatividade é acompanhada por alterações químicas, em que novos tipos de matéria são continuamente produzidos. Estes produtos de reação são, primeiramente, radioativos, sua atividade diminui regularmente a partir do momento de sua formação. A sua produção contínua mantém a radioatividade da matéria que os produz em um valor de equilíbrio definido. A conclusão tirada é que essas mudanças químicas possuem um caráter subatômico.” (RUTHERFORD; SODDY, 1902, p.370 - Tradução de Marques, 2006.)

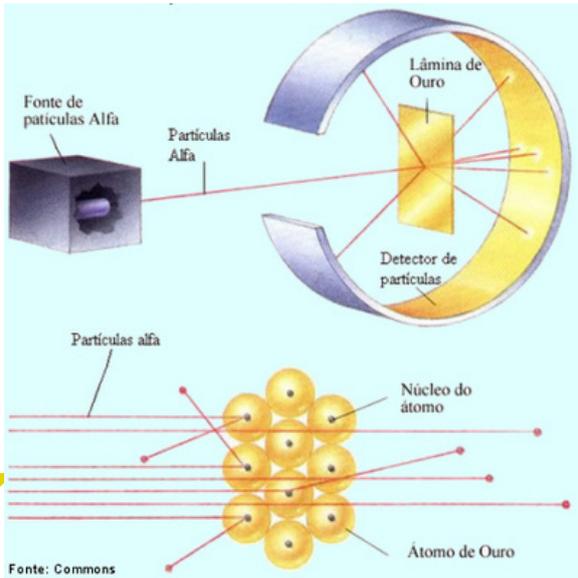
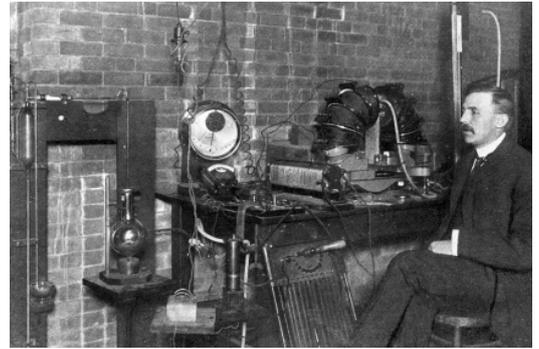
Em 1899, Paul Villard identificou uma **nova radiação**, denominada **Gama**, que difere das outras radiações alfa e beta, previamente definidas por Rutherford, por não sofrer efeitos de deflexão em campos magnéticos (Okuno, 2007), além de não possuir cargas elétricas.



[17] Ernest Rutherford



[18] Rutherford em seu laboratório.



[19] Experimento de Rutherford.



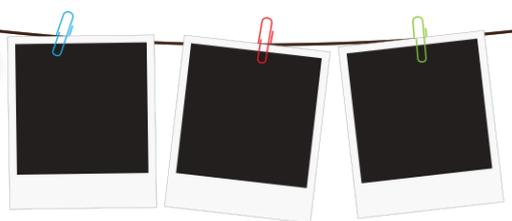
[20] Paul Villard.



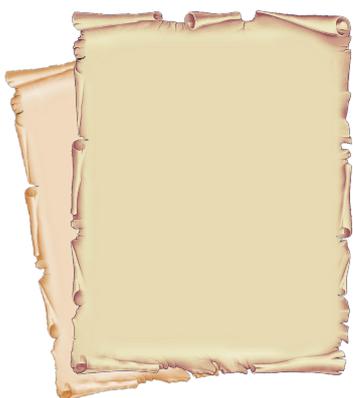
Como montar a sua Trilha da Radioatividade

Depois dessa vibrante história, chegou a hora de montar a **Trilha da Radioatividade** e colocar a sua criatividade em prática. Vale lembrar que estas são sugestões de como realizar a exposição, mas você pode explorar a sua **criatividade** e adaptá-la da sua maneira. A preparação da trilha foi dividida em 3 fases de suma importância: **Exposição das informações, Decoração e Quiz.**

Exposição das informações



Diante de tantas informações sobre a Radioatividade, o que selecionar e como colocar as informações em exposição? Na nossa trilha, foram criados os seguintes tópicos: **fatos importantes da história, curiosidades e aplicações da radioatividade.** Estes tópicos foram abordados de forma linear, ou seja, como uma linha do tempo, desde a **descoberta dos raios-X até o uso da radioatividade atualmente.** É importante que cada contexto histórico seja representado por, pelo menos, um objeto característico. Estes objetos devem ser organizados de tal forma que o visitante da trilha possa se localizar na linha histórica. Além dos objetos representativos, utilizamos 2 formas de exposição de informações: **pôsteres envelhecidos e fotografias.**



O que são os pôsteres envelhecidos?

Para criar o efeito de um museu científico, a nossa equipe pensou em “envelhecer” as folhas que apresentavam informações em textos e reportagens dos jornais sobre a história da radioatividade, com o intuito de fazê-los parecer com materiais antigos, chamando mais a atenção dos alunos. É claro que isso deve ser devidamente explicado aos alunos. A ideia é criar um ambiente agradável, que remeta os alunos aos períodos das descobertas, e não “enganá-los”.



Como fazer o pôster envelhecido?



ESTA ETAPA SÓ DEVE SER REALIZADA POR ADULTOS!

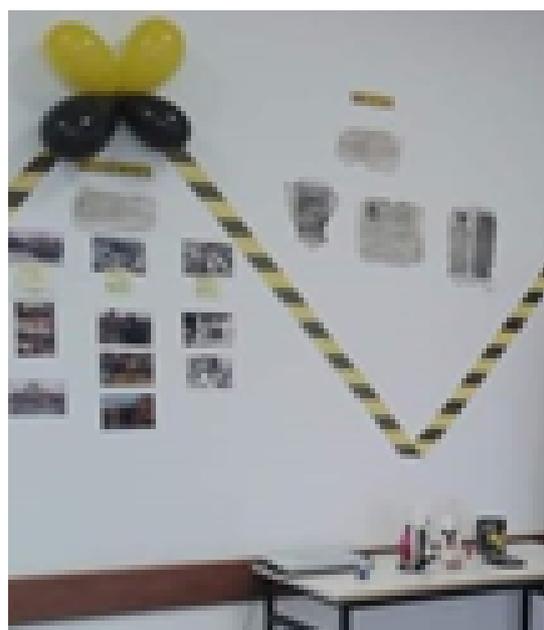
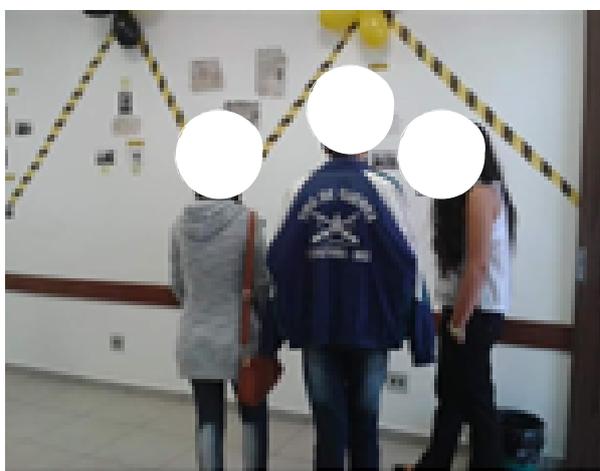
Existem diferentes técnicas e materiais para o envelhecimento de papel, mas usamos simplesmente o **café e fogo**. Em um papel A4 (ofício), a informação para a exposição é impressa, por exemplo, a reportagem da descoberta do raio-X. Em um recipiente adiciona-se pó de café (pode ser usado) e um pouco de água (apenas para molhar o pó). Com o auxílio de uma esponja (pode ser com a mão também) o pó de café deve ser espalhado em toda a superfície da folha. Deve-se ter **cuidado para não rasgar e nem manchar** a parte em que há informação escrita, o que dificultaria a leitura. Após, deve-se esperar o papel secar completamente (não precisa ser no sol). Com uma vela acesa, o contorno do papel deve ser chamuscado (com muito cuidado). **Lembre-se de todos os cuidados de segurança para realizar essa etapa.** Agora você tem o papel envelhecido.

As fotografias podem ser substituídas por desenhos à mão livre ou digitais. O objetivo é representar ou ilustrar o contexto histórico, ou algumas curiosidades sobre radioatividade de maneira visual. Isso é extremamente interessante para o público infantil, que está na fase da alfabetização. Estas fotografias ficarão marcadas na memória com o contexto histórico, apresentado oralmente pelo monitor ou monitora da exposição.

Além disso, as fotografias ajudam a manter o interesse dos participantes. Em geral, para manter a atenção do público, os pôsteres envelhecidos devem ter apenas informações objetivas e curtas, e as fotografias são um excelente complemento didático. Caso alguém do público tenha interesse em obter mais informações, os monitores do evento devem estar preparados para fornecer informações adicionais, ou referências.

Onde selecionar as fotografias ou informações textuais para os pôsteres?

Muitas imagens, de domínio público, estão disponíveis na plataforma Google Imagens. O conteúdo histórico e científico, sobre **radioatividade**, está disponível em livros, na internet e em trabalhos acadêmicos. Alguns trabalhos científicos são listados no final deste manual, no tópico “mais trabalhos”.



Divisão da Trilha

DESCOBERTA DO RAIO-X



Para caracterizar esse período histórico, podem ser empregados exames de radiodiagnóstico convencional (as famosas chapas fotográficas), para compor a linha do tempo.

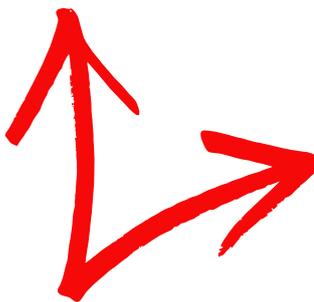


Foto de uma
das
exposições da
trilha





Foto de rosto do Pesquisador **Wilhelm Conrad Röntgen**, junto com um pôster Bibliográfico;



Pôster informativo do **Prêmio Nobel** ganhado por Röntgen pela sua descoberta;



Fotos ou desenhos que ilustrem o seu experimento, o seu espaço de trabalho (**laboratório**);



Pôster explicativo de como foi a descoberta do **raio-X**;



Pôster explicativo sobre o funcionamento do **tudo de raios-X**;



Caso seja possível, pode ser usado um **tubo de raios-X** que já não funcione mais, ou uma representação;



Fotos e pôsteres de jornais da época, que descreviam os **raios que “atravessavam os corpos”**, ou que tiravam **“fotografias internas”** dos objetos;



Fato curioso: Aborde o Concurso de Beleza (**World Posture Queen**) realizado na época, por meio de fotos e pôsteres; Ressalte para o visitante que na época as pessoas não tinham informações sobre os **efeitos nocivos da radiação**;



Aplicação dos raios-X: Aborde, da sua maneira, como o raio-X é utilizado hoje em vários setores: **medicina, na agricultura, na indústria**, etc.

DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE



1 foto do Pesquisador **Antoine H. Becquerel**, com um pôster Bibliográfico;



Pôster informativo do **Prêmio Nobel de Becquerel**;



Foto ou desenho que ilustre o seu **experimento** ou seu espaço de trabalho (laboratório);



Pôster explicativo da descoberta de **Becquerel** (uma nova propriedade da matéria);



1 foto do Pesquisador **Pierre Curie**, com um pôster Bibliográfico;



1 foto da Pesquisadora **Marie Curie**, com um pôster Bibliográfico;



Pôster informativo dos 2 Prêmios Nobel de **Marie Curie**. Ela foi a **primeira mulher** a ser laureada com um prêmio Nobel;



Foto ou desenho que ilustre o seu **experimento**, ou seu espaço de trabalho (laboratório);



Pôster explicativo sobre **radioatividade**, segundo a descrição do **Casal Curie**. Também descrever que eles conseguiram isolar e encontrar dois elementos radioativos: **Polônio e Rádio**;



Fotos e pôsteres de **maquetes** dos jornais da época, divulgando a **radioatividade e os novos elementos**;



Fato curioso: Aborde, da sua maneira, a utilização do **rádio** nos **produtos de beleza, alimentícios e farmacêuticos**. Dica: Reproduza as embalagens da época, como de maquiagens, cremes, chocolates, etc. O objetivo é representar os produtos que eram ofertados no mercado, com o **elemento rádio**.



Aborde, da sua maneira, o acidente radiológico de Goiânia com o **Césio 137** ou **Garotas do Radium**. Entretanto, ressalte ao visitante que nos dois casos, as pessoas não tinham conhecimento sobre os **efeitos nocivos das altas doses de radiação**.

TIPOS DE RADIAÇÃO OU PARTÍCULAS



1 foto de rosto do Pesquisador **Ernest Rutherford**, juntamente com um pôster Bibliográfico;



Pôster informativo do Prêmio Nobel de **Ernest Rutherford** pela sua descoberta;



Fotos ou desenhos que ilustrem o seu experimento e o seu espaço de trabalho (**laboratório**);



Pôster explicativo dos tipos de radiações definidas por Rutherford: **alfa e beta**;



1 foto de rosto do Pesquisador **Paul Villard**, juntamente com um pôster Bibliográfico;



Fotos ou desenhos que ilustrem o seu experimento e o seu espaço de trabalho (**laboratório**);



Pôster explicativo do tipo de radiações definida por **Villard: gama**.

CURIOSIDADES SOBRE A RADIOATIVIDADE



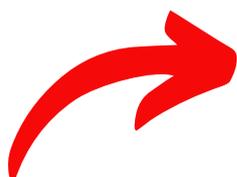
Pôster sobre a radiação natural, artificial e cósmica;



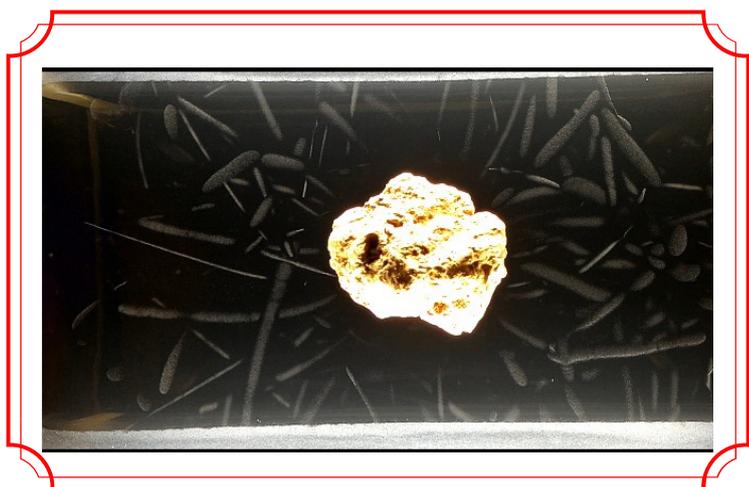
Curiosidade **alimentícia**: alimentos naturais que possuem elementos **radioativos**, como banana e castanha. Algumas fontes de **água mineral** também são levemente **radioativas**. Cabe ressaltar que as quantidades de elementos radioativos presentes nestes alimentos são inofensivas à saúde. Além disso, podem ser utilizados para representar **elementos naturais radioativos** na exposição;



Curiosidade de **Rochas naturais**: Há rochas e areias que possuem elementos radioativos em sua composição. Como por exemplo, **Praia da Areia Preta em Guarapari-SP**. Em nossa exposição este tópico foi abordado com o experimento câmara de nuvens, criado pelos alunos **Lucas Wilian Gonçalves de Souza** e **Antoine Franklin de Andrade**.



Pedra radioativa na Câmara de Nuvens



EXTRAS:

Na nossa exposição tivemos alguns recursos experimentais como:



Contador **Geiger-Müller** .



Equipamentos hospitalares;



Câmara de Nuvens;



DECORAÇÃO



Essa é a parte em que precisará da sua **criatividade** e, além disso, é a parte que será **destaque na sua exposição**. Assim você conseguirá atrair a atenção dos visitantes. Na decoração todo material de papelaria será necessário como tesoura, cola, fita adesiva, TNT (Tecido Não Tecido), pincéis, etc.

Quanto à **decoração**, pensamos em algo que fosse chamativo, **divertido**, de baixo custo e informativo. Investimos nas cores amarelo e preto que são cores relacionadas ao **símbolo radioativo**. Como materiais de decoração utilizamos TNT (tecido não tecido) para produzir a trilha em si e a cortina de entrada, a qual foi uma das peças principais, pois despertou a curiosidade de todos. Utilizamos também balões nas cores amarelo e preto, fita de segurança amarelo e preto, e por fim investimos nas fotografias, imagens de **raio-X**, além de informações e curiosidades em folhas de papel envelhecido. O importante é deixar as informações de fácil acesso para o público **adulto e infantil**, despertando sua **curiosidade** e interesse.



QUIZ



O **Quiz** de perguntas e respostas é um jogo que necessita de **2 grupos** de visitantes, onde um representante de cada grupo vai avançando na **trilha** a medida que acerta as perguntas de verdadeiro ou falso, realizadas pelo monitor da exposição. As perguntas são sobre a **História da Radioatividade** e suas aplicações, que foram apresentadas ao longo de toda a trilha.



PREPARAÇÃO



Confecção da **trilha** de início e chegada, para as equipes “avançarem” a medida que acertem as respostas. Foram montadas “casas” no chão, como em jogos de tabuleiro. Nossa equipe realizou a **trilha com o material TNT**;



Confecção das **placas de Verdadeiro e Falso**. Pode ser em papel cartão, ou pequenos quadros brancos;



A elaboração das perguntas deve ser de acordo com o que foi abordado na trilha. Nossa equipe utilizou essas perguntas, presentes no **Link (página 29 "Questões utilizadas na nossa Trilha da Radioatividade")**.

DINÂMICA



Divisão das equipes, em **2 grupos** de visitantes;



Cada equipe terá 10 segundos para responder a cada **pergunta**. As equipes podem procurar as informações nos pôsteres e fotografias presentes ao logo da **exposição**.



Vencedor é o grupo que chegar ao **final da trilha primeiro**.

Por fim, a trilha da Radioatividade é uma Exposição científica cultural, eclética e dinâmica, que visa trazer informações científicas corretas para estimular a busca pelo conhecimento.

Material Extra

Ondas eletromagnéticas.

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/160856/mod_resource/content/1/Ondas%20Eletromagn%C3%A9ticas.pdf>



Radioproteção e Dosimetria

<http://www.cnen.gov.br/images/CIN/PDFs/Tahuata_Fundamentos.pdf>



Henri Becquerel

<<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/becquerel/facts/>>



Pierre Curie

<<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/pierre-curie/facts/>>



Marie Curie

<<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1911/marie-curie/facts/>>



Radioatividade

<<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/radio.pdf>>



Material Extra

Ernest Rutherford

<<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1908/rutherford/facts/>>



Paul Villard

<<http://www.hilliontchernobyl.com/Radioactivite1.htm#villard>>



Wilhelm Conrad Röntgen

<<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1901/rontgen/biographical/>>



Goiânia com o Césio-137

<<https://www.scielo.br/pdf/ea/v27n77/v27n77a17.pdf>>



Garotas do Radium

<<https://gazetaarcadas.com/2019/08/27/radium-girls-a-historia-do-radio-que-nao-foi-contada/>>



Questões utilizadas na nossa Trilha da Radioatividade

<<https://drive.google.com/file/d/1PcodqbH34R2lduBAeC5KNj7uJKslyvfQ/view>>



REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

XAVIER A. Moreira; Marcos Da História Da Radioatividade E Tendências Atuais, Quim. Nova, Vol. 30, No. 1, 83-91, 2007.

RÖNTGEN, W. C.; Annalen der Physik und Chemie 1895, 64, 1.

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 2007.

SEGRÈ, Emilio. Dos raios X aos quarks. Físicos modernos e suas descobertas. Brasília: Editora da UnB, 1987.

CURIE, P.; CURIE, M. S. Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende. Comptes Rendus, v. 127, p. 175-178, 1898

CURIE, P.; CURIE, M. S.; BÉMONT, G. Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende. Comptes Rendus, v. 127, p. 1215-1217, 1898.

CHASE, C. American Literature on Radium and Radium Therapy prior to 1906. American Journal of Radiology, n. 2, p. 29-34, 1921.

BARDWELL, D.C. Radium. Journal of Chemical Education, n. 3, p. 623-627, 1926.

RUTHERFORD, E. Uranium radiation and the electrical conduction produced by it. Philosophical Magazine, 1899, 5, 47, 109-163.

RUTHERFORD; SODDY, F. The Cause and Nature of Radioactivity, Part I. Philosophical Magazine. 1902, .4, 370-396.

POSNER, E. (1970). Reception of Röntgen's discovery in Britain and U.S.A.. Brit Med J; 4 (5731): 357-360

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

LIMA, R. D. S.; AFONSO, J.C; PIMENTEL, L. C. F. Raios-X: fascinação, medo e ciência. Química Nova, Rio de Janeiro, p. 263-270, Dezembro 2008.

MARTINS, Roberto de Andrade. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos, Revista da SBHC (2003).

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade, publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física 7 (1990) p. 27-45.

CORDEIRO, M. D., Peduzzi L. O. Q, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 3, 3601 (2011)

BIBLIOGRAFIA DAS IMAGENS

- [1] **Wilhelm C. Röntgen.** <<https://www.spr.org.br/a-spr/historia-da-radiologia>>
- [2] **Representação do experimento.** <<https://m.dw.com/pt-br/120-anos-da-descoberta-do-raio-x/a-18835497>>
- [3] **1ª imagem de raio-X.** <<http://www.explicatorium.com/sociedade/raios-x.html>>
- [4] **Notícia da descoberta do raio-X** <<http://repositorio.chlc.min-saude.pt/bitstream/10400.17/1150/1/Raios%20X%20uma%20not%C3%ADcia%20com.pdf>>
- [5] **Notícia da descoberta do raio-X.** <<http://alice-guy-jr.kazeo.com/l-utile-du-rayon-x-real-alice-guy-a121242492>>
- [6] **“The Daily Chronicle” (POSNER, 1970).**
- [7] e [8] **Concurso de beleza interior.**
<<https://www.mdig.com.br/index.php?itemid=35087>>
- [9] **Diversos produtos com o nome X-Ray (GERSON, 2004)**
- [10] **Esquema da produção do raio-X.** <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/apostila-educativa-aplicacoes.pdf>>
- [11] **Antonie Henri Becquerel.** <<https://pt.energia-nuclear.net/que-e-a-energia-nuclear/historia/antoine-henri-becquerel>>
- [12] **Becquerel em seu Laboratório.**
<https://www.wikiwand.com/pt/Antoine_Henri_Becquerel>

BIBLIOGRAFIA DAS IMAGENS

[13] **Imagem da cruz de cobre entre os cristais de urânio**

<<http://www.jpobel.com.br/web/index.php?r=biblioteca%2Fradioatividadedescoberta#BLOQUEIO>>

[14] **Casal Curie no Laboratório.**

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Pierre_and_Marie_Curie_at_work_in_laboratory_Welcome_L0001761.jpg>

[15] **Marie Curie em seu Laboratório.**

<<https://escola.britannica.com.br/artigo/Marie-e-Pierre-Curie/481091>>

[16] **Anúncio dos produtos.**

<<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radio-um-elemento-radioativo.htm>>

[17] **Ernest Rutherford.**

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford#/media/Ficheiro:Ernest_Rutherford2.jpg>

[18] **Rutherford em seu laboratório.**

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford#/media/Ficheiro:Ernest_Rutherford_1905.jpg>

[19] **Experimento com folha de ouro de Rutherford e descobrimento de duas radiações (partículas alfa e beta).**

<<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1356&evento=3>>

[20] **Paul Villard.**

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Paul_Ulrich_Villard#/media/Ficheiro:Paul_Villard.jpg>