

## Cartão do Professor



## Index

Introdução Geral.....	2
Informação Adicional.....	3
Criticalidade das matérias-primas (Mps).....	3
Porque é que um Material de torna “Crítico”?.....	4
Onde e que as matérias-primas críticas são usadas?.....	6
Objetivos de aprendizagem.....	12
Quadro Europeu de Competências Chave.....	12
Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.....	13
Conteúdos.....	14
Atividade.....	15
Caminho de aprendizagem.....	17
Evaluation.....	17
Agradecimentos.....	17

## Cartão do Professor

# Introdução Geral

“RAWsiko – Materials Around Us”- Digital Version (RAWsiko – DV) é um jogo educacional que tem como objetivo aumentar, de forma divertida e digital, a atenção dos adolescentes acerca da distribuição geográfica de matérias-primas críticas no mundo, o seu uso nas tecnologias modernas, e a razão pela qual o acesso a elas é fundamental. As matérias-primas são criticamente importantes para a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, e para atingir os objetivos estabelecidos no COP21 e vários dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Isto deve-se ao facto de as matérias-primas serem essenciais para assegurar a transição para as tecnologias de energias verdes, para assegurar o crescimento e consumo sustentáveis e para assegurar o acesso a tecnologias consumíveis verdes e limpas. Hoje, a Europa é altamente dependente da importação de matérias-primas para assegurar uma competitividade das suas indústrias manufadoras e para acelerar a transição para uma sociedade eficiente e sustentável. Portanto, é de importância estratégica obter avanços nas tecnologias e assim promover os serviços na cadeia de valor, juntamente com a evolução das ciências naturais, da engenharia e das disciplinas económicas, para criar soluções inovadoras.

RAWsiko – DV passa-se num mundo futuro imaginário onde o principal produtor de matérias-primas críticas decide cortar a exportação para o resto do planeta, e portanto começa a “corrida às matérias-primas”. Os jogadores têm que preencher algumas listas de matérias-primas críticas que são componentes-chave de diversos dispositivos que têm que construir. Deste modo os jogadores vão experienciar a complexidade do fornecimento de matérias-primas que ocorre por trás de alguns dispositivos do quotidiano como smartphones, ecrãs planos e lâmpadas, mas também por trás dos planos de transição para as energias renováveis como células solares, turbinas eólicas e carros elétricos. Os alunos podem jogar juntos em sessões de jogo organizadas para toda a classe ou no seu tempo livre contra amigos e familiares ou outras pessoas acedendo ao jogo remotamente

### Palavras-chave:

*Matérias-primas; Extração mineral; Política de Recursos; Desenvolvimento Sustentável; Aplicações das matérias-primas*

Para fazer download ou jogar online o jogo digital:

<https://arraise.com/rawsiko/>

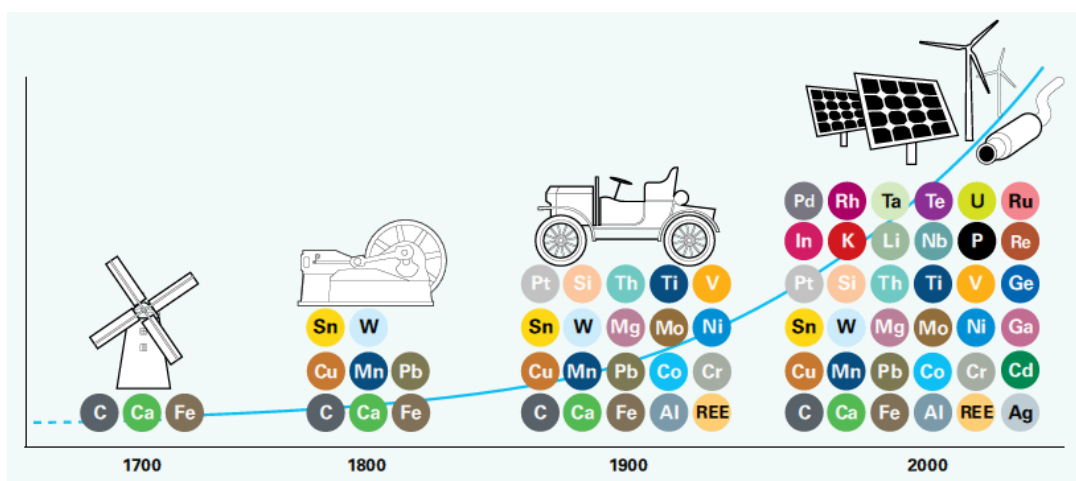
## Cartão do Professor

### Informação Adicional

RAWsiko - DV é um jogo educativo que pretende sensibilizar para que num futuro próximo o abastecimento dos diversos metais e minerais, que pertencem aos recursos não renováveis do nosso planeta juntamente com o carvão, petróleo, gás natural e minerais não metálicos, correrá o risco de uma escassez.

#### Criticalidade das matérias-primas (Mps)

Na história da humanidade, todo o progresso tecnológico resultou sempre no uso de quantidades e variedades cada vez maiores de metais. O último salto ocorreu no final do último milénio com a miniaturização da eletrónica e dos novos dispositivos para energias renováveis. As matérias-primas (MPs) são essenciais para garantir uma transição para tecnologias de energia verde, para garantir o crescimento e o consumo sustentável e para garantir o acesso a tecnologias de consumo limpas e eficientes. A aceleração da inovação tecnológica, o aumento da população mundial e o rápido crescimento das economias emergentes estão a levar a uma procura crescente por um grande número de matérias-primas (**Figura 1**).



**Figura 1.** Linha do tempo dos metais exigidos pelos avanços tecnológicos.

A Europa depende fortemente da importação de matérias-primas para garantir a competitividade global das suas indústrias transformadoras e para acelerar a transição para uma sociedade sustentável e eficiente em termos de recursos. Com a tendência atual, muitos metais não estarão disponíveis no futuro próximo (**Figura 2**). Consequentemente, o processamento e o uso de matérias-primas de fontes primárias e secundárias (recuperação de materiais a partir de resíduos), o desenvolvimento de novos materiais biosustentáveis, são essenciais, bem como a manutenção de produtos e materiais na economia pelo maior tempo possível, minimizando o desperdício em todas as fases (ou seja, graças à reutilização, reparo, acondicionamento, remanufatura e reciclagem - Economia Circular).

## Cartão do Professor

1 H 1.00794	Remaining years until depletion of known reserves (based on current rate of extraction)																2 He 4.002602																															
3 Li 6.941	4 Be 9.012182	5-50 years																5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.00674	8 O 15.9994	9 F 18.99840	10 Ne 20.1797																									
11 Na 22.98977	12 Mg 24.3050	50-100 years																13 Al 26.98153	14 Si 28.0855	15 P 30.97376	16 S 32.066	17 Cl 35.4527	18 Ar 39.948																									
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.95591	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.93804	26 Fe 55.845	27 Co 58.93320	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80	37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.9044	54 Xe 131.29													
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.327	57 La * 138.9055	58 Ce 140.9077	59 Pr 144.24	60 Nd (145)	61 Pm 150.36	62 Sm 151.964	63 Eu 157.25	64 Gd 158.9253	65 Tb 158.9253	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9303	68 Er 167.26	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9804	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)	87 Fr (223)	88 Ra 226.025	89 Ac ‡ (227)	90 Th 232.0381	91 Pa 231.0369	92 U 238.0289	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)
Lanthanides *																																																
Actinides ‡																																																

**Figura 2.** Anos restantes esperados até ao esgotamento dos metais (de A.J. Hunt, A.S. Matharu, A.H. King, J.H. Clark, *Green Chem.*, 2015, 17, 1949-1950).

A União Europeia (UE) importa a maior parte das matérias-primas, pelo que a Comissão, desde 2008, passou a avaliar de três em três anos quais as MPs essenciais para a economia europeia e que apresentam um risco de abastecimento, listando-as como Matérias-Primas Críticas (CRMs). A revisão de 2020<sup>1</sup> desta lista contém 30 CRMs (Tabela 1). Assim, CRMs são as matérias-primas económica e estrategicamente importantes para a economia europeia, mas que apresentam um elevado risco associado ao seu fornecimento. A maioria dos CRMs são elementos químicos únicos ou os seus minerais, alguns deles são grupos de metais; em resumo, os CRMs representam 46 elementos químicos, que corresponde a metade dos naturais. Por favor repare que o jogo RAWsiko não reflete perfeitamente os materiais do último relatório da UE, tanto porque a sua produção é anterior ao lançamento da lista como porque, por motivos de jogabilidade e equilíbrio, alguns dos materiais do último relatório disponível na época foram omitidos.

### Porque é que um Material de torna “Crítico”?

O fornecimento de uma matéria-prima pode estar em risco devido a uma variedade de razões. Estas podem ser geológicas, ambientais, económicas ou sócio-políticas:

- 1 **Recursos localizados apenas num ou muito poucos países:** O risco de abastecimento surge principalmente da distribuição irregular de algumas matérias-primas ao redor do globo e é determinado por fronteiras geopolíticas. Por causa disso, os recursos podem ser concentrados em

<sup>1</sup> COM(2020) 474 - Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability – 03/09/2020



## Cartão do Professor

nações ou regiões individuais do globo. Isso pode resultar no monopólio e possíveis restrições de fornecimento devido a fatores ambientais ou políticos regionais.

- 2 **Fraca abundância na crosta terrestre.**
- 3 **Não podem ser substituídos por uma ou mais tecnologias:** Se não há uma substituição aceitável, então o material é essencial.
- 4 **Extração perigosa e/ou Risco Ambiental:** o processo de extração pode ser difícil ou ambientalmente inaceitável.
- 5 **Sócio-política:** Juntamente com as considerações ambientais, o bem-estar das pessoas também deve ser considerado. Em áreas com regulamentação mínima das atividades de extração, abusos dos direitos humanos, trabalho infantil e condições problemáticas de saúde e segurança para os trabalhadores foram registrados (ou seja, 'minerais de conflito', como cobalto, tungstênio, tântalo ...).

**Tabela 1.** Lista das matérias-primas críticas 2020

Antimônio (Sb)	Germanium (Ge)	Platinoides (PGMs)*
Barite (BaSO <sub>4</sub> )	Háfnio (Hf)	Rochas Fosfatadas (sais aniônicos de P)
Bauxite (ore 40% Al)	Elementos de Terras Raras Pesadas (HREEs) <sup>#</sup>	Phosphorus (P)
Berílio (Be)	Lítio (Li)	Escândio (Sc)
Bismuto (Bi)	Elementos de Terras Raras Leves (LREEs) <sup>°</sup>	Silício (Si)
Borato (sais aniônicos de B anion salts)	Índio (In)	Estrôncio (Sr)
Cobalto (Co)	Magnésio (Mg)	Tântalo (Ta)
Carvão coque (principalmente C)	Grafite Natural (C)	Titânio (Ti)
Fluorite (CaF <sub>2</sub> )	Borracha Natural (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>x</sub>	Tungstênio (W)
Gálio (Ga)	Nióbio (Nb)	Vanádio (V)

\*PGMs: Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd), Osmium (Os), Iridium (Ir), and Platinum (Pt).

<sup>#</sup>HREEs: Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yt), and Lutetium (Lu).

<sup>°</sup>LREEs: Scandium (Sc), Yttrium (Y), Lanthanum (La), Cerium (Ce), Praseodymium (Pr), Neodymium (Nd), Promethium (Pm), and Samarium (Sm).

## Cartão do Professor

### Onde e que as matérias-primas críticas são usadas?

“RAWsiKo - Materials Around Us” tem como objetivo mostrar aos jogadores onde estão os principais depósitos de CRMs, mas também quais são os objetos que contêm esses materiais. Os participantes argumentarão o quão importante para a indústria moderna é um fornecimento seguro de matérias-primas.

Quando um jogador recebe os objetivos como três listas de CRMs, ao clicar num ícone ele pode abrir uma janela (Exemplo de cartão de objetivo na **Figura 3**) onde os materiais estão relacionados com os objetos que os contêm (eletrônicos de consumo, fertilizantes, turbinas eólicas, telescópios, luzes LED, óculos de visão noturna, painéis solares, pigmentos e vitrais, indústria de armas, etc.). Em baixo, alguns deles são descritos em detalhes. Como outros assuntos para discussão em aula, o smartphone e o carro elétrico, dois dispositivos mais complexos que agora têm uma grande penetração no mercado, também são brevemente descritos a seguir, mesmo que ainda não estejam incluídos no jogo.

### Turbinas eólicas

No que diz respeito à energia eólica, os elementos de terras raras (REE) são utilizados principalmente como matéria-prima para a fabricação de ímãs permanentes, que são utilizados nos geradores das turbinas eólicas. Os ímãs permanentes (duros) apresentam uma resistência significativa à desmagnetização e, portanto, podem ser usados em geradores eólicos e motores elétricos de tração. Em geral, eles exibem uma alta energia magnética para um determinado volume. Isso permite uma redução no tamanho, promovendo o seu uso em muitos setores de alta tecnologia, como computadores, telemóveis, equipamentos audiovisuais, dispositivos de diagnóstico (por exemplo, altifalantes e imagens de ressonância magnética) e sistemas relacionados com a energia (por exemplo, alternadores e motores elétricos, veja abaixo o parágrafo sobre carros elétricos e híbridos).

Embora existam diferentes tipos de ímãs permanentes, os chamados ímãs de neodímio-ferro-boro (NdFeB) são os mais usados devido às suas excelentes propriedades, sendo igualados apenas por ímãs de samário-cobalto; no entanto, esses ímãs são significativamente mais caros.

Em turbinas eólicas, os ímãs de NdFeB de alta resistência geralmente requerem quatro REEs diferentes: neodímio (Nd), praseodímio (Pr), disprósio (Dy) e térbio (Tb) (**Figura 4**). Neodímio e praseodímio



**Figura 3.** O cartão de objetivos de eletrônicos de consumo

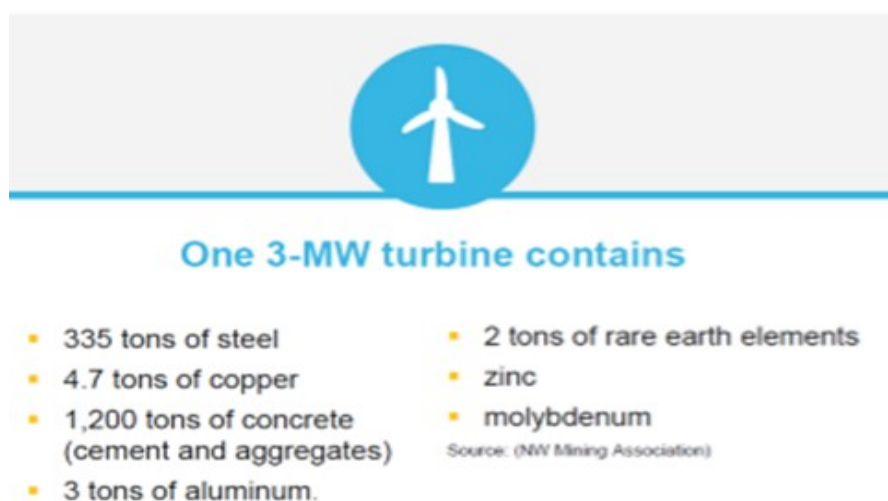


**Figura 4.** O cartão de objetivos da turbine de vento.

## Cartão do Professor

contribuem para a força magnética, enquanto disprósio e térbio melhoram a resistência à desmagnetização, particularmente em altas temperaturas.

Também o boro (B), vindo dos boratos, e o ferro (Fe) são necessários; B é um CRM e o Fe, que não é um CRM em si, é produzido por redução com o coque que está na lista do CRM. O NdFeB desempenha um papel importante em aplicações onde são necessários o alto desempenho, a alta eficiência e o tamanho reduzido. Na verdade, o ímã NdFeB tem a densidade de energia mais alta dos ímãs permanentes, tornando-o o material de escolha em aplicações de alto desempenho onde o tamanho e o peso são requisitos essenciais. As propriedades dos ímãs NdFeB derivam da combinação única de altos momentos magnéticos de elementos de transição 3d (por exemplo, ferro) com configuração de elétrons 4f de terras raras. Com base nessas vantagens, grande parte da produção de Nd, praseodímio (Pr) e Dy vai para o setor de ímãs permanentes. Esses ímãs são necessários em rotores para permitir a eficiência na operação para produzir vários megawatts por turbina (**Figura 5**). Para turbinas eólicas, a demanda anual de material aumentará de 2 a 15 vezes, dependendo do material e do cenário.



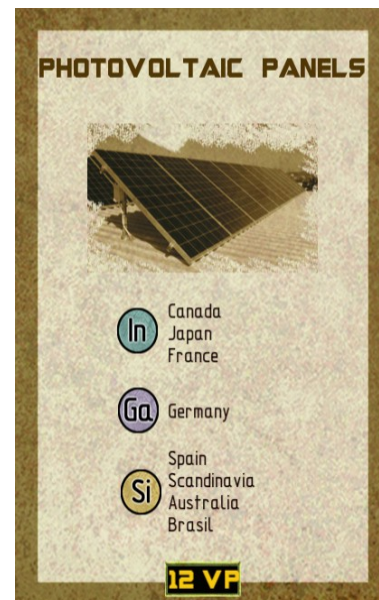
**Figura 5.** Quantidade e tipo de matérias-primas necessárias para uma turbina eólica.

Atualmente, a produção de REE é dominada pela República Popular da China, que produziu a maioria dos REE do mundo por várias décadas. Os REEs nem sempre foram críticos e não foram de grande interesse até à década de 1960, quando as primeiras aplicações tecnológicas começaram a fazer uso desses elementos. Mais notavelmente, o desenvolvimento da televisão a cores que requer európio (Eu) como fósforo foi responsável pelo aumento da demanda por REEs das operações de mineração em todo o mundo. A descoberta de recursos REE significativos em Bayan Obo na Mongólia Interior transferiu a maior parte da produção mundial para a China e levou ao monopólio da produção REE.

## Cartão do Professor

### Painéis fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos precisam de silício (Si) de altíssima pureza (99,9999% ou mais). Mesmo que o Si seja o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre (28%) depois do oxigênio (46%), a sua redução e purificação para o grau eletrónico requer processos altamente intensivos em energia e plantas perigosas que tornam a sua produção conveniente fora da UE, é por isso que ele está incluído na lista de CRMs. As alternativas aos fotovoltaicos à base de Si são tecnologias baseadas em cádmio (Cd), germânio (Ge), gálio (Ga), telúrio (Te) e selênio (Se), que também são CRMs (**Figura 6**). É importante notar que vários desses elementos são tóxicos e são motivo de preocupação durante a fabricação e a reciclagem. Além disso, toda tecnologia de painel solar precisa de uma folha de óxido de estanho e índio (ITO), como toda tela plana, que é o único material condutor elétrico e transparente realmente disponível: o índio (In) é outro CRM. Para vários destes elementos, a procura global prevista relacionada com o desenvolvimento massivo de energia fotovoltaica excede em muito a produção atual e a transição para as energias renováveis pode ser adiada.

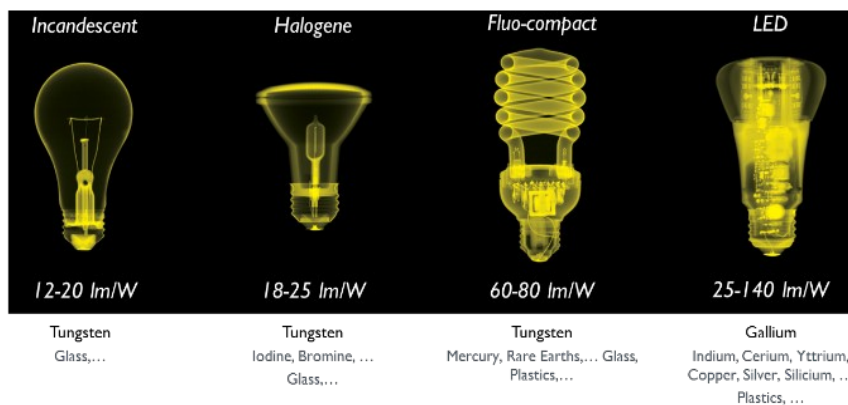


**Figura 6.** Cartão de objetivos painéis solares.

### Iluminação

As lâmpadas fluorescentes compactas (CFLs) com eficiência energética aumentaram a eficiência da iluminação em todo o mundo, substituindo as lâmpadas incandescentes de filamento de tungstênio (W) que Thomas Edison patenteou em 1879 após testar centenas de protótipos diferentes (**Figura 7**).

As lâmpadas incandescentes de filamento de W eram ineficientes, pois uma energia considerável era perdida pelo calor e apenas cerca de 5% da energia fornecida era convertida em luz. Por outro lado, as lâmpadas fluorescentes compactas convertem cerca de 25% da energia elétrica fornecida em luz. As lâmpadas fluorescentes compactas são, portanto, muito mais eficientes do que as lâmpadas convencionais (**Figura 7**).



**Figura 7.** Evolução histórica da iluminação e conteúdo de materiais em lâmpadas com diferentes tecnologias.



## Cartão do Professor

No entanto, em vez de W, que é um CRM, CFLs requerem outros CRMs na sua produção: terras raras, em particular Európio (Eu) e Térbio (Tb). A proibição das lâmpadas incandescentes de filamento W aumentou a demanda de REE nos últimos anos.<sup>2</sup>



**Figura 8.** Cartão objetivos lâmpadas LED.

A principal desvantagem das lâmpadas fluorescentes compactas é a presença de mercúrio (Hg), um material perigoso responsável pela poluição se não for devidamente reciclado. Planos específicos para reciclar lâmpadas fluorescentes compactas estão agora a recuperar cobre (Cu), alumínio (Al), vidro e pós de REE, mas o preço do último é mais alto do que o REE primário. A última geração de iluminação é baseada em diodos emissores de luz (LEDs). Eles representam uma tecnologia de economia de energia e ecologicamente correta: a eficiência de conversão e o tempo de vida são quase o dobro do das lâmpadas fluorescentes compactas, além disso, não contêm mercúrio. A ciência desempenhou um papel crucial no desenvolvimento desta nova tecnologia eficiente, conforme evidenciado pela atribuição do Prémio Nobel de Física de 2014. A adoção da tecnologia de LEDs, no entanto, aumentou a demanda por diversos CRMs, além de Európio (Eu) e Térbio (Tb) já utilizados em CFL, ítrio (Y), Gadolínio (Ga), Germânio (Ge) e Índio (In) são usados em aplicações de LED (**Figura 8**). É importante ressaltar

que os produtos futuros precisarão ser otimizados para a sua funcionalidade, mas também para a disponibilidade sustentável dos recursos utilizados no seu fabrico e para a sua reciclabilidade.

### Químicos e fertilizantes

Também a indústria química depende fortemente dos elementos do grupo dos platinóides (PGEs) que são usados como catalisadores em muitos processos químicos. A produção de vários produtos químicos na Europa depende de outros CRMs, como rocha fosfatada, fósforo, fluorite e Si. O comércio mundial de rocha fosfatada é de cerca de 75 milhões de toneladas por ano (avaliadas como  $P_2O_5$ ) e a procura da UE é de 2,1 milhões de toneladas por ano, 84% importadas principalmente de Marrocos. Apenas 17% dos fosfatos vêm de fontes renováveis, como lodo e esterco animal, resíduos de alimentos e águas residuais. O primeiro uso da rocha fosfatada é a produção de fertilizante (**Figura 9**), em seguida, alimentação animal, detergentes e ácido fosfórico. Sem fertilizantes fosfatados, a produção da safra por unidade de superfície diminuirá drasticamente. 1,2 milhões de toneladas são de rochas fosfatadas convertidas em fósforo elementar (avaliadas como  $P_4$ ) destinadas às indústrias químicas e de armas.



**Figure 9.** Cartão de objetivos fertilizantes.

<sup>2</sup> C. EL Latunussa, K. Georgitzikis, C. Torres de Matos, M. Grohol, U. Eynard, D. Wittmer, L. Mancini, M. Unguru, Cl. Pavel, S. Carrara, F. Mathieux, D. Pennington, G. A. Blengini "Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) critical raw material factsheet" Figure 320 (average conversion factor of REE metal vs. Rare Earth Oxides (REO) is estimated at 0.85).

## Cartão do Professor

Outros exemplos de usos de CRMs estão listados abaixo.

- **Si** metal, com pureza inferior à da da eletrônica, é adicionado ao **Al** fundido para melhorar as propriedades mecânicas das ligas, ele também pode ser convertido em silicones para produzir selantes, adesivos, lubrificantes e surfactantes para construções e indústria;
- os retardadores de chama contêm trióxido de antimônio ( $Sb_2O_3$ ), enquanto os elétrodos das baterias de chumbo / ácido contêm antimônio metálico (Sb) para diminuir a evolução de hidrogênio durante o processo de carga;
- metade da produção de grafite natural é destinada à produção de refratários para a indústria siderúrgica e cerca de 20% para tratamentos de superfície e recarburização de aço, a procura para a produção de ânodos em baterias de lítio chega a 8% e 5% de grafite natural tornou-se um componente para lubrificantes, lápis e eletrônicos representam agora uma parte marginal de seus usos.

### Smartphones

Um smartphone pode conter mais da metade dos elementos químicos naturais (**Figura 10**), A maioria deles são CRMs, outros são metais preciosos. Um smartphone contém cerca de 306 mg de prata (Ag) e 30 mg de ouro (Au)!

Algumas partes do invólucro do telefone e da sua bateria podem ser em Al, o metal obtido da bauxite, mas a bateria contém também cerca de 6 g de cobalto (Co) nos seus elétrodos positivos e lítio (Li) nos negativos e no eletrólito.<sup>3</sup>

**Figura 10.** Elementos químicos contidos num smartphone: CRMs na cor vermelha, não críticos em verde.

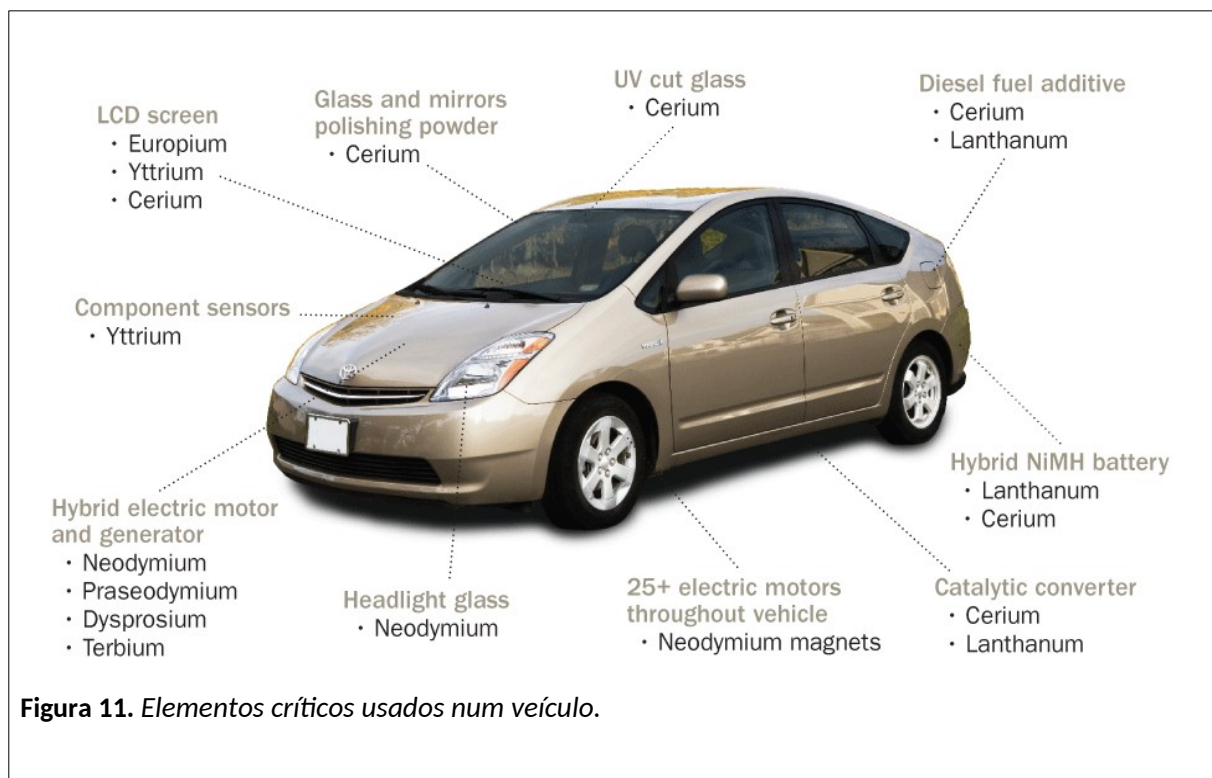
A parte posterior do ecrã, como em todos os ecrãs planos, é coberta por uma fina camada de ITO, atualmente o único material condutor tecnologicamente disponível para este uso, e os pigmentos coloridos da tela são baseados em REEs. Ge dá ao vidro de sílica a refratividade necessária para as lentes pequenas; por outro lado, o Si de alta pureza é a base dos microchips integrados. Nd é o principal componente dos super ímãs que permitiram a miniaturização dos altifalantes e microfones, enquanto o tântalo (Ta) compõe os capacitores de alto desempenho.

<sup>3</sup> <https://www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/digitale-welt/mobilfunk-und-festnetz/smartphonerecycling-11540>, status 18.05.2020

## Cartão do Professor

### Veículos elétricos e híbridos

Os veículos elétricos e híbridos (**Figura 11**)<sup>4</sup> também requerem um grande número de CRMs em sensores, motores e geradores elétricos, ecrãs de cristal líquido (LCD), vidros, espelhos e o conversor catalítico do motor térmico. Os conversores catalíticos contêm elementos do grupo dos platinóides [PGE, platina (Pt), ródio, irídio (Rh), rutênio (Ru), ósmio (Os) e paládio (Pd)], eles tornaram-se obrigatórios nos anos 80 para diminuir a poluição no ar causada pelos veículos [naquela altura o chumbo (Pb) era adicionado ao combustível como um antidetonante, mas os combustíveis sem Pb precisam de hidrocarbonetos aromáticos para o substituir, se não queimados corretamente podem produzir substâncias perigosas]. Após a transição para os carros “catalíticos”, a concentração no ar de Pb, monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados diminuiu drasticamente, mas a demanda de PGE aumentou. O desenvolvimento de carros híbridos e elétricos é um desafio para diminuir ainda mais a poluição do ar e reduzir as emissões de dióxido de carbono. As novas tecnologias de baterias baseiam-se no Li, que é o metal mais leve e nos metais com maior potencial elétrico. Mas Li não é o único CRM neste tipo de bateria, na verdade, o eletrodo positivo contém Cobalto (Co). Esta tecnologia agora fornece baterias com uma densidade de energia que permite aos carros uma autonomia de 250 a 500 km por carga. Os atuais níveis de produção global de Li e Co, mas também dos outros dois metais no eletrodo positivo, níquel (Ni) e manganês (Mn), não são suficientes para atender à procura futura de produção de baterias.



<sup>4</sup> <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-projects/science/cmlrare-earth-supply-chain-and-industrial-ecosystem-a-material-flow-assessment-of-european-union>

## Cartão do Professor

# Objetivos de aprendizagem

No final da aula os alunos serão capazes de:

- Saber o significado de matérias-primas críticas e as razões pelas quais elas são críticas para a economia europeia.
- Saber a distribuição de matérias-primas críticas no mundo.
- Saber os principais usos e aplicações das matérias-primas críticas.
- Ter consciência da importância de ter acesso a matérias-primas críticas para a produção de objetos do quotidiano.

## Quadro Europeu de Competências Chave

Competências de alfabetização
S1. Capacidade de compreender e interpretar conceitos, sentimentos, factos ou opiniões de forma oral e escrita.
S5. Conhecimento de vocabulário, gramática e linguagem.
Competência matemática e competência em ciência, tecnologia e engenharia
S4. Prontidão para enfrentar novos problemas de novas áreas.
S5. Capacidade para o pensamento quantitativo.
Competências digitais
S2. Capacidades básicas em ICT.
Competências pessoais, sociais e de aprendizagem
S2. Identificar oportunidades disponíveis.
Competências para a cidadania
S1. Capacidade de interação eficaz com outras pessoas
S2. Capacidade de adaptação a uma situação em alteração, sendo flexível e trabalhando sob pressão.
Competências culturais e de expressão
S1. Capacidade de transformar ideias em ações.
S3. Capacidade de planear e gerir tarefas.
S4. Independência, Motivação e Determinação.



## Cartão do Professor

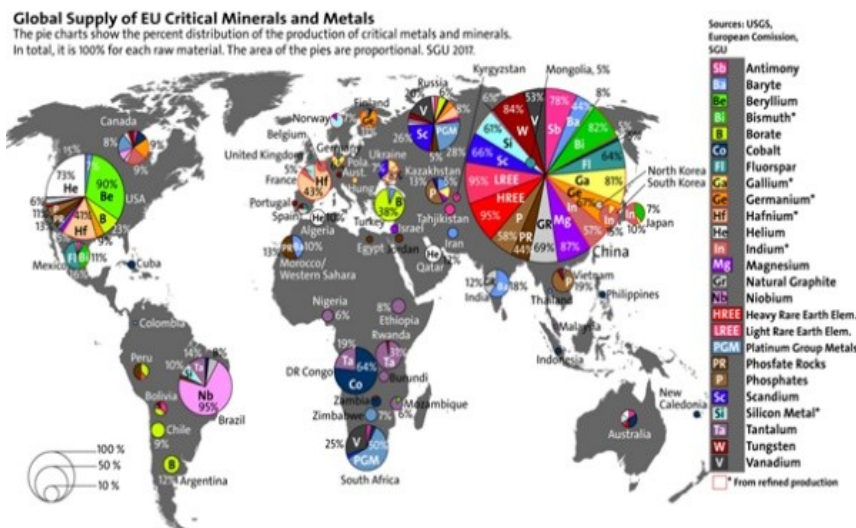
### Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas

  Enable access to basic services	 Equal access to global expertise
 Safe medical devices	 Sustainable urbanization
 Access to education	 Responsible consumption and production
 Less hardship, more opportunities	 Strengthen resilience, reduce disaster impact
 Safe and affordable water	 Reduce marine pollution
 Energy — the golden thread	 Sustainable use of terrestrial ecosystems
 Safety of workers and economic growth	 Promote peaceful and inclusive societies
 Resilient infrastructure and sustainable industrialization	 Better access to technology and innovation

## Cartão do Professor

### Conteúdos

“RAWsiko - DV passa-se em um mundo de fantasia futuro, onde o principal produtor de RMs críticos, a China, decide cortar a exportação para o resto do planeta e, portanto, começa uma “corrida de RM”. Atualmente, a China é responsável por 70% do seu fornecimento global e 62% do seu fornecimento para a UE (por exemplo, elementos de terras raras, magnésio, antimônio, grafite natural, etc.). Os jogadores preenchem algumas listas de RMs essenciais que são componentes-chave de diferentes dispositivos que eles precisam de construir. Para assumir o controlo dessas fontes de RM, os jogadores devem mover os seus “equipamentos de mineração” em diferentes áreas do mundo e, se um território já estiver a ser explorado por outro jogador, retirar-lhes a concessão de mineração.



**Figura 11.** Países responsáveis pela maior parcela da oferta global de CRMs (Ladenberger A.; et al. Identification and quantification of secondary CRM resources in Europe – Technical report SCREEN - Contract Number: 730227 - Solutions for Critical Raw materials)

A posição das principais fontes de uma seleção de RMs críticos representa as verdadeiras minas principais desses minerais, enquanto os elementos relatados nas cartas de objetivos representam os RM mais importantes para a produção dessa tecnologia. O mapa do jogo reproduz de forma simplificada a distribuição geográfica real dos RMs, uma vez que foi realizado com base na distribuição cartográfica dos principais RMs fornecidos pela Geological Survey of Sweden, parceira do projeto RM @ Schools (**Figura 12**).

Na verdade, a distribuição irregular de algumas RMs no globo é uma das razões pelas quais um material se torna crítico. O risco de oferta também é determinado por fronteiras geopolíticas. Por causa disso, os recursos podem ser concentrados em nações ou regiões individuais do globo. Isto pode resultar em monopólio e possíveis restrições de fornecimento devido a fatores ambientais ou políticos regionais. Muitos dos recursos de matéria-prima da Terra são distribuídos ao redor do globo, de modo que a criticidade pode não surgir (por exemplo, Cu, Pb, Zn). Aqueles que não são distribuídos igualmente correm o risco de escassez de abastecimento e interrupções.

## Cartão do Professor

# Atividade

### Overview

“RAWsiko - Materials Around Us” é um jogo digital, é totalmente baseado em turnos e sem limite de tempo, portanto, nenhuma habilidade manual particular com videogames é necessária para jogá-lo ao máximo. Cada partida é jogada por 3 a 5 jogadores. É possível jogar localmente num único dispositivo (os jogadores revezam-se no controlo do tabuleiro do jogo) ou online de diferentes dispositivos (cada jogador se conecta à internet com seu próprio computador / smartphone / tablet).

O jogo está atualmente disponível em inglês e italiano, mas mais idiomas serão adicionados ao longo do tempo.

### Aceder ao jogo

RAWsiko está disponível para três plataformas diferentes: Navegador, Windows e Android. O jogo é idêntico em todas as plataformas (exceto algumas pequenas diferenças de interface), e as pessoas em diferentes plataformas podem jogar juntas em uma partida online.

Todas as versões do RAWsiko estão listadas e disponíveis na seguinte página web:

<https://arraise.com/rawsiko/>. Como o jogo ainda está a ser corrigido e aprimorado ao longo do tempo, se pretende usar a versão do Windows ou do Android, é boa ideia verificar regularmente o site para ver se uma versão mais recente foi disponibilizada para download.

### VERSÃO ONLINE (BROWSER)

Esta é a versão mais acessível e imediata de usar, pode ser acedida independentemente do seu sistema operacional (Windows, macOS, Linux etc.) e está sempre atualizada com o patch mais recente sem qualquer ação necessária de sua parte. Se funcionar corretamente no seu dispositivo, sugerimos que use este. Veja <https://arraise.com/rawsiko/> para o link de acesso ao jogo e a lista de navegadores suportados.

### VERSÃO WINDOWS

Esta versão funciona em computadores com sistema operacional Windows de 64 bits (Windows 10 é totalmente compatível, Windows 7 e 8 ainda devem funcionar, sistemas operacionais mais antigos não foram totalmente testados). Para jogar esta versão, terá que ir a <https://arraise.com/rawsiko/> e siga as instruções para baixar e usar o cliente do jogo (o programa que faz o jogo funcionar) no seu PC.

### VERSÃO ANDROID

Esta versão do jogo deve ser executada em qualquer smartphone ou tablet com Android 4.4 ou mais recente. O jogo deve estar disponível na Google Play Store como um aplicativo regular em 2021, então verifique se você o vê lá. Se o jogo ainda não estiver disponível na Play Store, vá a <https://arraise.com/rawsiko/> e siga as instruções para transferir e instalar manualmente o jogo no seu dispositivo.

### Organizar uma Sessão de Jogo

## Cartão do Professor

### JOGO LOCAL

Se houver mais pessoas na frente de um único computador ou smartphone iniciar uma partida é extremamente fácil. Primeiro, verifique o menu “Configurações” para se certificar de que as regras opcionais e a duração do jogo estão definidas de acordo com sua preferência.

Depois de fazer isso, abra “Matchmaking”, certifique-se de que “Local” no canto superior esquerdo está destacado em verde, deixe cada jogador escolher um avatar / personagem da lista abaixo e, em seguida, inicie o jogo clicando no botão verde em o fundo.

Quando o jogo começar, você poderá ver qual jogador está a jogar no painel no canto superior esquerdo. Deixe aquele jogador completar a sua jogada, então dê o controle do dispositivo ao próximo jogador e assim por diante.

### JOGO ONLINE

Como já foi dito, o jogo funcionará de forma idêntica, independentemente da versão, e todas as versões se podem jogar juntas online. Portanto, não se preocupe se pessoas diferentes conseguirem aceder ao jogo por meio de versões diferentes.

Depois de cada jogador completar o seu perfil no menu Configurações e o jogador “anfitrião” configurar as regras opcionais e a duração do jogo, deixe o jogador anfitrião criar o lobby do jogo onde todos irão entrar. Vá para “Matchmaking” e selecione “Online” no topo. Se o jogador estiver conectado à internet e os servidores estiverem funcionando corretamente, você deve ler “Conectado e Pronto” abaixo de “Servidor do Jogo”. Deixe o jogador escrever o nome do lobby que deseja criar (qualquer nome funciona, é apenas para diferenciá-lo de outros lobbies onde o jogo está a ser jogado) e, em seguida, pressione o botão laranja “+” abaixo.

Se tudo foi feito corretamente, o jogador host deve ver o seu nome de perfil na janela à direita, e todos os outros jogadores devem ver o nome do lobby na lista suspensa “Lobby”. Ao selecioná-lo, eles serão adicionados ao lobby. Quando todos tiverem entrado no lobby, o jogador anfitrião pode fazer a partida começar pressionando o botão verde no canto inferior esquerdo.

## Apêndice 1 – Manual de Instruções

O mesmo manual está disponível para download no site do jogo, em <https://arraise.com/rawsiko/>. Lembre-se de que o manual pode receber algumas pequenas atualizações ao longo do tempo e também estará disponível em mais idiomas, portanto, consulte principalmente o site do jogo.



## Cartão do Professor

### Caminho de aprendizagem

**Passo 1 - Tempo & Atividade:** 30 min - O professor faz uma breve introdução sobre CRMs e a sua importância na transição para uma economia de baixo carbono.

**Passo 2 - Tempo & Atividade:** 20 min - Os alunos são divididos em grupos (máximo de 5 alunos em cada grupo) e leem o manual de instruções para entender como jogar (e eventualmente fazer download do videojogo)

**Passo 3 - Tempo & Atividade:** 40 min - Joga o videojogo

**Passo 4 - Tempo & Atividade:** 15 min - Teste. O tempo gasto no teste de avaliação depende do número de questões inseridas.

### Evaluation



Possíveis questões para avaliar a aprendizagem de alguns conceitos-chave:

- 1 O que são CRMs?
- 2 Porque é que os CRMs são tão importantes?
- 3 Porque é que um material se torna “Crítico”?
- 4 Onde podemos encontrar CRMs?
- 5 Indica pelo menos 3 aplicações de CRMs

### Agradecimentos

O CNR agradece ao Liceo “Niccolò Copernico” em Bolonha (Itália) e ao Istituto di Istruzione Superiore “Maria Montessori - Leonardo da Vinci” em Porretta Terme (Itália) pela preciosa colaboração no desenvolvimento e teste deste jogo sério.

Além disso, o CNR agradece a ARraise s.r.l., Milão, Itália pelo desenvolvimento da versão digital do jogo.

