

IB Matemática: oportunidades para o desenvolvimento de práticas de avaliação ao serviço das aprendizagens

SÍLVIA SEMANA

Há cerca de 8 anos, comecei o meu percurso enquanto professora de matemática numa escola IB (International Baccalaureate). Desde o início, soube que havia encontrado um sistema de ensino, informado por investigação educacional, e alinhado com a minha própria filosofia e prática de ensino e aprendizagem. Desde então, tenho tido a oportunidade de ensinar matemática em várias escolas IB ao redor do mundo, no que considero uma viagem fabulosa de desenvolvimento profissional. Atualmente, sou Líder para a Área Disciplinar de Matemática na International School of The Hague, ISH, (Escola Internacional de Haia), na Holanda.

Do meu entusiasmo face aos Programas de Matemática IB e experiência positiva com uma prática de avaliação formativa nesse contexto, resultou a ideia de escrever este artigo com foco no processo de avaliação de um dos Programas de Matemática IB e em particular na “Mathematics Exploration” (Exploração Matemática), uma tarefa de avaliação obrigatória para todos os alunos, que pretendam obter uma certificação IB de ensino secundário, em qualquer parte do mundo.

INTERNATIONAL BACCALAUREATE

O International Baccalaureate (Bacharelado Internacional), IB, pode ser definido como uma comunidade internacional de escolas, educadores e alunos que têm em comum uma visão e missão de educar jovens com os conhecimentos, capacidades, valores e atitudes que lhes permitem criar um mundo melhor e mais pacífico, através da compreensão e do respeito interculturais. O IB proporciona um continuum de educação internacional para alunos dos 3 aos 19 anos, através de quatro programas desafiantes e com uma avaliação rigorosa:

- Programa Primary Years (Primary Years Programme) - PYP - para alunos com idades dos 3 aos 12 anos;
- Programa Middle Years (Middle Years Programme) - MYP - para alunos com idades dos 11 aos 16 anos;
- Programa Diploma (Diploma Programme) - DP - para alunos com idades dos 16 aos 19 anos;
- Programa de Orientação Profissional (Career related Programme) - CP - também para alunos com idades dos 16 aos 19 anos.

Cada um dos programas dá acesso a uma gama ampla e equilibrada de estudos académicos e experiências de aprendizagem, promovendo uma aprendizagem conceptual, com foco em ideias poderosas relevantes entre áreas disciplinares, que contextualizam a aprendizagem e conferem coerência ao currículo. Além disso, os programas IB enfatizam a importância de fazer conexões, explorando as relações entre disciplinas e o aprender sobre o mundo em que vivemos.

Com base em investigação educacional, o IB define abordagens para o ensino e abordagens para a aprendizagem, que privilegiam um ciclo de investigação, ação e reflexão que informa as práticas diárias de professores e alunos, ao mesmo tempo que enfatizam os relacionamentos interpessoais e as diferentes formas de trabalho em conjunto para construir significado e dar sentido ao mundo.

As abordagens para a aprendizagem pressupõem que aprender a aprender é fundamental para a educação do aluno. Em todos os programas IB, o ensino e aprendizagem é baseado em investigação/pesquisa (*inquiry-based*), focado na compreensão conceptual, contextualizado e informado pela avaliação.

CURSOS DE MATEMÁTICA E AVALIAÇÃO NO PROGRAMA DP

Para dar resposta à diversidade de alunos no que se refere às suas necessidades, aspirações, interesses e habilidades, existem duas disciplinas diferentes em DP Matemática, cada uma disponível com dois níveis de exigência, Standard Level (SL) e Higher Level (HL). Estes cursos são pensados para diferentes tipos de alunos: aqueles que desejam estudar matemática como uma disciplina por direito próprio ou perseguir estudos em áreas relacionadas à matemática (Matemática: Análise e Abordagens, AA), e aqueles que desejam compreender e descrever o mundo real e resolver problemas práticos (Matemática: Aplicações e Interpretação, AI).

Os objetivos destes cursos são permitir que os alunos desenvolvam conhecimentos, conceitos e princípios matemáticos, e o pensamento lógico, crítico e criativo, bem como empreguem e refinem os seus poderes de abstração e generalização. Os alunos são incentivados a apreciar as dimensões internacionais da matemática e a multiplicidade de suas perspectivas culturais e históricas. Todos os cursos de matemática DP exigem que

os alunos apreciem o uso da tecnologia em matemática e se tornem proficientes com calculadoras gráficas.

No programa DP, e nos cursos de matemática em particular, há espaço para ambas as modalidades de avaliação, uma avaliação sumativa e formativa. A avaliação formativa informa o ensino e a aprendizagem, preocupando-se em fornecer *feedback* preciso e útil para alunos e professores sobre o tipo de aprendizagem que está a ocorrer e a natureza dos pontos fortes e fracos dos alunos, a fim de ajudar a desenvolver a compreensão e as capacidades dos alunos. A avaliação formativa também pode ajudar a melhorar a qualidade do ensino, ao fornecer informação que permite monitorizar o progresso no cumprimento dos objetivos e metas do curso. Já a avaliação sumativa oferece uma visão geral da aprendizagem anterior e preocupa-se com a medição do desempenho do aluno. No programa DP, a avaliação sumativa é projetada para registar o desempenho do aluno durante ou no final do curso de estudo. No entanto, muitos dos instrumentos de avaliação sumativa também podem ser usados de forma formativa durante o ensino e a aprendizagem, como de resto é encorajado.

Os cursos de DP Matemática recorrem a uma avaliação sumativa tanto externa como interna. A avaliação externa assume a forma de um exame no final do curso (12.º ano) e tem um peso de 80% da nota final do aluno em matemática. A avaliação interna assume a forma de uma exploração matemática (Mathematics Exploration), avaliada pelo professor. Este é um trabalho escrito (12-20 páginas) que envolve, como o próprio nome indica, a exploração de uma área da matemática. Pretende-se que os alunos demonstrem a aplicação das suas habilidades e conhecimentos, tendo em conta os seus interesses pessoais, sem as limitações de tempo e outras restrições associadas aos exames escritos. Os alunos podem escolher entre uma ampla variedade de atividades, como por exemplo, modelação, investigações e aplicações da matemática. A avaliação interna deve, dentro do possível, ser integrada no ensino normal da sala de aula e não ser uma atividade separada do curso em si. Este deve ser trabalho do próprio aluno, mas o professor desempenha um papel importante de suporte e orientação. É responsabilidade do professor, em particular, garantir que os alunos se familiarizem com os requisitos do trabalho a ser avaliado e os critérios de avaliação; direcionar os alunos no sentido de explorações produtivas; assim como indicar aos alunos a existência de erros, mas sem corrigi-los explicitamente. Os alunos são encorajados a submeter uma primeira versão do trabalho, à qual o professor fornece *feedback* oral ou escrito. A versão seguinte entregue ao professor deve ser a versão final para submissão.

A avaliação usada pelo IB é referenciada a critérios, e não a normas. Esta abordagem de avaliação julga o trabalho dos alunos pelo desempenho em relação a níveis de desempenho ou realização, e não em relação ao trabalho de outros alunos. Em particular, a exploração matemática é avaliada de acordo com cinco critérios, conforme apresentado na Tabela 1. Os critérios de avaliação de A a D são os mesmos para os cursos SL e HL.

O critério E “Uso de matemática” é diferente para SL e HL.

Cada critério de avaliação tem descritores de nível que descrevem níveis de realização específicos. Estes níveis variam entre 0 e a pontuação mais elevada para cada critério. Os professores devem julgar o trabalho avaliado internamente com base nos critérios de descritores de nível.

Tabela 1. Critérios de avaliação da exploração matemática

Critérios de avaliação	Pontuação
A: Apresentação	4
B: Comunicação matemática	4
C: Empenho/envolvimento pessoal	3
D: Reflexão	3
E: Uso da matemática (SL or HL)	6

Tabela 2. Descritores de avaliação (de nível mais elevado) para a exploração matemática

Critérios de avaliação	Descritor de nível mais elevado
A: Apresentação	4: A exploração é coerente, bem organizada e concisa.
B: Comunicação matemática	4: A comunicação matemática é relevante, apropriada e consistente em toda a sua extensão.
C: Empenho/envolvimento pessoal	3: Há evidência de empenho/envolvimento pessoal excepcional.
D: Reflexão	3: Há evidência substancial de reflexão crítica.
E: Uso de matemática (SL ou HL)	6 (SL): Matemática relevante compatível com o nível do curso é usada. A matemática explorada está correta. Conhecimento e compreensão completos são demonstrados. 6 (HL): Matemática relevante compatível com o nível do curso é usada. A matemática explorada é precisa e demonstra sofisticação e rigor. Conhecimento e compreensão completos são demonstrados.

O objetivo é encontrar, para cada critério, o descritor que transmita com maior precisão o nível atingido pelo aluno, utilizando o modelo de *best fit* (melhor ajuste). Clarificação adicional relativamente a cada critério e correspondentes descritores é fornecida pelo IB.

A EXPLORAÇÃO MATEMÁTICA NA ESCOLA INTERNACIONAL DE HAIA (ISH)

A Escola Internacional de Haia é uma escola privada sem fins lucrativos, com subsídio estatal, que atende à comunidade internacional de Haia, na Holanda. A população escolar consiste em crianças e jovens de mais de 80 nacionalidades, com idades entre os 4 e os 18 anos. Todas as aulas, exceto os cursos de línguas estrangeiras, são lecionadas em inglês. A escola é subsidiada

pelo Ministério da Educação, Cultura e Ciência e sujeita a regulamentação ministerial.

A escola primária oferece o Currículo Primário Internacional para alunos dos 4 aos 11 anos, enquanto a escola secundária oferece o Programa IB de Ensino Médio (IB MYP) para alunos entre 11 e 16 anos e o Programa de Diploma (IB DP) para alunos entre 16 e 18 anos.

No início do Programa DP (11.º ano), a avaliação interna em matemática é sinteticamente introduzida aos alunos como uma componente importante do curso de Matemática IB, com breve referência ao objetivo principal da avaliação interna, o seu peso na nota final e os prazos para as várias etapas do seu desenvolvimento e conclusão na ISH.

Tabela 3. Etapas para a avaliação interna em Matemática na ISH

Fase	Breve descrição	Data
Familiarização/preparação	Familiarização com expectativas/critérios	Julho
Proposta	Apresentação de proposta por aluno e <i>feedback</i> verbal por o professor, resultando em acordo aluno-professor	Setembro
1.ª versão (draft)	Conclusão e submissão da 1.ª versão	Novembro
<i>Feedback</i>	Devolução da 1.ª versão com comentários do professor para melhoria	Dezembro
Versão final	Submissão da versão final	Janeiro

Para introduzir formalmente a exploração matemática na ISH, é usado um modelo de sala de aula invertida (*flipped classroom*), com o objetivo de incentivar os alunos a completar as tarefas de nível cognitivo inferior (na taxonomia de Bloom), de forma independente em casa, antes da introdução em contexto de aula. Deste modo, o trabalho em sala de aula pode ser dirigido a tarefas que requerem níveis cognitivos mais elevados, com o apoio dos pares e professor. Assim, no final do 11.º ano, os alunos são convidados a ler, de forma independente, um guia interativo sobre a exploração matemática, em preparação para o início do 12.º ano, altura em que começam a trabalhar mais ativamente na sua própria avaliação interna. É nesta altura que os alunos contactam pela primeira vez com os critérios de avaliação (apresentados nas Tabelas 1 e 2).

Na introdução em sala de aula, no início do 12.º ano, uma vez que os alunos já tiveram oportunidade de se familiarizar com o objetivo e as principais características da exploração matemática, o foco está em desenvolver ainda mais a sua compreensão e dar início a uma participação mais ativa na preparação e condução da sua exploração.

É nessa altura que os alunos recebem materiais adicionais de apoio, incluindo informações mais detalhadas a propósito das expectativas e dos prazos internos da escola, dicas e recomendações de leitura e estímulos adicionais.

Ainda nesta fase, em contexto de aula, os alunos têm oportunidade de, em particular:

- avaliar amostras/exemplos de explorações matemáticas em relação aos critérios de avaliação;
- discutir tópicos para exploração, e praticar a definição e escrita de exemplos de objetivos e justificativas de exploração.

De seguida, os alunos têm cerca de duas semanas para escolher o seu tópico para exploração, conduzir uma pesquisa inicial e submeter a sua proposta. Depois de acordado o tópico, os alunos têm cerca de 5 semanas para trabalhar na primeira versão da sua exploração e submetê-la. O professor fornece *feedback* por escrito em 4 semanas. Em geral, a critério do professor, o professor reúne individualmente com cada aluno fora da aula para discutir os principais aspetos do *feedback* escrito. Por fim, os alunos usam o *feedback* do professor para melhorar o seu trabalho e submetem a versão final da sua exploração para correção e moderação internas e, posteriormente, moderação externa pelo IB.

Apropriação dos critérios de avaliação pelos alunos. É no início do 12.º ano que esclarecimentos adicionais sobre os critérios de avaliação, incluindo as diferenças entre os diferentes níveis de desempenho para cada critério, são fornecidos aos alunos. Considere-se, como exemplo, a clarificação fornecida aos alunos para o critério B: Comunicação Matemática:

- Espera-se que uses linguagem matemática (notação, símbolos e terminologia) quando comunicares ideias matemáticas, raciocínios e descobertas.
- Deves usar tecnologia apropriada, como calculadora gráfica; e *software* como editores de equação (...) geometria dinâmica, álgebra computacional, (...) *software* de processamento junto com outro *software* matemático para aprimorar a apresentação da matemática na exploração.
- O significado dos termos-chave deve ser claro e quaisquer variáveis ou parâmetros devem ser explicitamente definidos.
- Todos os gráficos, tabelas e diagramas devem ser claramente numerados e legendados, incluindo um título, conforme apropriado.
- Não uses notação de computador ou calculadora a menos que esta seja gerada por *software* e não possa ser alterada.

De seguida, amostras de explorações matemáticas são partilhadas com os alunos e, em pequenos grupos, eles são chamados a avaliar o trabalho em relação aos critérios de avaliação, atribuindo para cada critério o nível que acreditam melhor descrever o trabalho. Depois, em plenário, os alunos partilham os níveis atribuídos, justificando a sua escolha.

No final, o professor partilha os níveis reais alcançados pelo trabalho, justificando-os com a utilização de extratos específicos da amostra de exploração em análise.

Orientação para a escolha de um tópico de exploração. Na sequência ou paralelamente a este processo de apropriação dos

critérios de avaliação, surge a seleção do tema a explorar pelos alunos.

Na ISH, os professores orientam os alunos na escolha de um tópico de exploração. Diferentes estratégias podem ser postas em prática. Uma estratégia sugerida é que os professores peçam aos alunos que peguem numa folha de papel e anotem o que lhes vem à mente quando o professor faz perguntas como:

- O que gostas de fazer nos tempos livres?
- Se eu te desse \$1 milhão, o que farias com ele?
- O que define um bom dia para ti?
- Onde te vês daqui a 10 anos?
- O que te torna único?

Depois, o professor pede aos alunos que, em pares, escolham as 5 palavras das suas respostas que têm mais associações matemáticas. Cada par deve escrevê-las no quadro. De seguida, o professor escolhe uma palavra do quadro (geralmente algo bastante aberto como dinheiro, desporto, filmes, viagens, etc). A turma, com a orientação do professor, constrói um mapa mental usando essa palavra como centro. Para cada um dos três ramos principais, os alunos são chamados a listar os tópicos do curso de matemática que podem estar relacionados com esse ramo e adicionam-nos ao mapa mental.

O professor escolhe o ramo com mais tópicos matemáticos e usa um dos sub-ramos para orientar os alunos a chegar a um possível objetivo de exploração. O objetivo dos alunos geralmente começa por ser uma pergunta genérica de resposta sim/não. O professor pede aos alunos que continuem ajustando a pergunta até que vá além de um sim/não como resposta e seja específica o suficiente para exploração. Em seguida, o professor pergunta aos alunos o que os levaria a eles/outra pessoa/sociedade a escrever um trabalho sobre o objetivo em causa. Esta justificativa ajuda a criar uma base lógica para a exploração e deve ser parte da sua introdução.

Olhando para a lista de conceitos matemáticos na sub-ramificação escolhida, a turma decide quais os conceitos que seriam as melhores conexões tendo em conta o objetivo.

Em pares, os alunos repetem o processo do mapa mental com uma palavra diferente da lista da turma; apresentam o seu objetivo e conceitos matemáticos à turma e recebem *feedback*. Individualmente, os alunos são chamados a completar um ou mais mapas mentais tendo em conta os seus interesses pessoais e a escrever os objetivos correspondentes.

Em pequenos grupos, os alunos compartilham os seus objetivos e obtêm *feedback* do grupo.

Primeira versão, *feedback* e versão final. Depois de ver aprovada a proposta para exploração, o aluno trabalha numa primeira versão da sua exploração, que submete ao professor para *feedback*.

O *feedback* escrito fornecido pelo professor é, maioritariamente, de dois tipos: (i) anotações sobre o trabalho do aluno abordando

aspectos específicos do trabalho, aspectos positivos e/ou aspectos para melhoria; (ii) um comentário descritivo ao trabalho do aluno para cada um dos critérios de avaliação, apontando os pontos fortes do trabalho e áreas de melhoria, com sugestões realistas de sucesso. Em geral, o aluno usa o *feedback* recebido para melhorar de forma significativa o seu trabalho da primeira versão para a versão final.

Para ilustrar o tipo de *feedback* fornecido e o seu contributo para a melhoria do trabalho do aluno vou considerar o caso de Sophie, uma aluna que na sua exploração estudou a relação entre a concentração de CO₂ atmosférico e a mudança cumulativa de massa da calota polar da Groenlândia¹.

Sophie, na introdução da primeira versão da sua exploração, incluiu o seu objetivo e a sua significância, bem como os motivos que a levaram a escolher o tópico. No entanto, a aluna não indicou que conceitos e processos matemáticos iria usar para atingir o seu objetivo, passando de imediato a apresentar os modelos matemáticos criados e os dados recolhidos. Como parte do comentário descritivo a propósito do critério de avaliação A, com o intuito de melhorar a coerência do trabalho, a professora solicita à aluna que indique que matemática vai usar na sua exploração, justifique essa opção e indique quais os resultados esperados: “A tua introdução inclui o objetivo e a justificação para exploração, mas tu não explicas que matemática do [curso] SL vais usar ou porquê (...) Que matemática do [curso] SL vais usar? O que esperas que isso mostre?”

A aluna responde positivamente às solicitações da professora, passando a incluir, na versão final da sua exploração, a informação em falta, o que confere maior coerência à sua exploração:

Funções trigonométricas e regressão linear foram usadas para criar dois modelos para alteração da massa da Calota com base em dados da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA). O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para testar a validade do modelo e a regressão linear foi usada para criar um modelo para a concentração de CO₂. Por fim, foi medida a correlação entre os dados do modelo de concentração de CO₂ e massa da Calota, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. Isso vai mostrar que a concentração de CO₂ tem um impacto na massa da Calota. Portanto (...) os resultados serão previstos para o ano de 2016 para ver quão precisos são os modelos de concentração de CO₂ e alteração da massa da Calota.

Ainda a propósito da exploração de Sophie, desta vez para ilustrar o tipo de *feedback* fornecido na forma de anotações diretamente registadas no trabalho do aluno, considere-se um extrato em que a aluna justifica o método usado para criar um modelo matemático para descrever a mudança de massa cumulativa da calota polar da Groenlândia, com base no gráfico apresentado abaixo (figura 1).

A aluna refere-se, incorretamente, à função definida por $y = \text{asinb}(x - c) + d + mx$, como uma função definida por ramos:

¹ Os extratos de explorações e *feedback* foram traduzidos do inglês.

Do ponto de vista da modelação, o gráfico (figura 1) que mostra a mudança de massa cumulativa da calota polar da Groenlândia mostra uma onda senoidal com uma inclinação negativa. Esta função não faz parte do curso SL e para fazer isso tive que usar uma equação definida por ramos, que combina uma onda senoidal com uma função linear (...) $y = \text{asinb}(x - c) + d + mx$.

Figure 1: Cumulative mass change (Gt) versus Year (2002-2015)

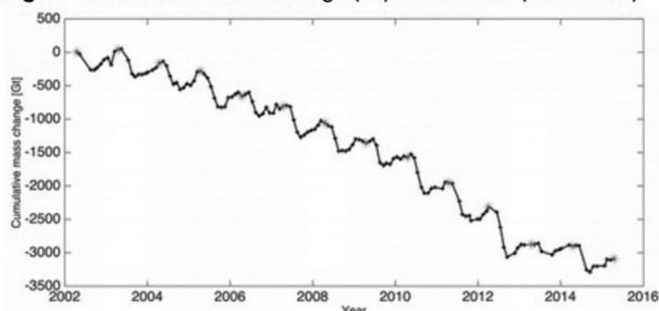


Figura 1. Gráfico incluído na exploração de Sophie

Com o intuito de levar a aluna a aperceber-se do erro e a corrigi-lo, a professora anota o trabalho com as questões seguintes: “O que é que isto significa? Tens a certeza que a função é definida por ramos?”

O *feedback* da professora mostra-se eficaz, com a aluna a corrigir o erro e a escrever na versão final que a função usada é uma função composta:

Do ponto de vista da modelação, o gráfico que mostra a mudança de massa cumulativa da calota polar da Groenlândia mostra uma onda senoidal com uma inclinação negativa. Isso acontece por causa da mudança sazonal. Esta função não faz parte do curso SL (Buchanan) e para fazer isso tive que usar uma função composta, que combina uma onda senoidal com uma função função (...) $y = \text{asinb}(x - c) + d + mx$.

Olhando para os critérios de avaliação, este último *feedback* parece ser dirigido ao critério B: Comunicação matemática, se entendermos que o erro inicial da aluna consistiu apenas no uso de terminologia matemática incorreta. Seria também razoável considerar o critério E: Uso de matemática, se o erro for antes explicado, por exemplo, por falta, pela aluna, de compreensão conceptual dos conceitos função definida por ramos e/ou função composta.

Claramente direccionado ao critério E: Uso de matemática, está um outro comentário da professora ao trabalho de Sophie. Na primeira versão, Sophie determina o coeficiente de correlação de Pearson para medir o grau de correlação entre duas das variáveis em estudo, mas não apresenta qualquer interpretação para o valor obtido (figura 2).

$$r = \frac{61 \cdot -7963.3 - 61 \cdot 45.55}{\sqrt{[61 \cdot 18971 - 61^2] \cdot [61 \cdot 3586.8725 - 45.55^2]}} \approx -0.9771$$

↑ what does this mean for your investigation?

Figura 2. Cálculo incluído na exploração de Sophie

A professora anota o trabalho, questionando a aluna sobre o significado do valor encontrado no contexto da sua investigação: “O que é que isto significa para a tua investigação?”. Na versão final, em resposta à questão da professora, Sophie explica corretamente o valor obtido no contexto do seu trabalho:

r é medido como um valor entre -1 e 1, mostrando uma correlação mais forte entre os dados quanto mais distante de 0 (...) como o valor de r está bastante próximo de -1, a concentração de CO2 tem um grande impacto na mudança cumulativa da massa da calota polar (...) isso pode ser interpretado que mais de 97 por cento dos dados de mudança de massa podem ser explicados pela concentração de CO2.

NOTAS FINAIS

Neste artigo, procurei dar a conhecer as potencialidades do International Baccalaureate (IB), e em particular dos cursos de Matemática do Programa DP, para a avaliação formativa, com recurso a uma tarefa de avaliação que é parte obrigatória na avaliação sumativa dos alunos IB dos 11.º e 12.º anos. Embora seja uma avaliação sumativa, esta tarefa tem potencialidades formativas muito interessantes, as quais procurei realçar. O processo formativo por detrás desta tarefa inclui, entre outros aspetos: apropriação dos critérios de avaliação pelos alunos, submissão de primeira versão da tarefa, *feedback* pelo professor e submissão da versão final. Embora o processo em si não seja novidade num contexto de avaliação formativa, as estratégias aqui descritas podem ser usadas por professores e escolas como referência para as suas próprias práticas de avaliação formativa. É também particularmente interessante o facto de ser um dos requisitos para a avaliação dos alunos num sistema internacional de renome como é o IB.

Referências

- International Baccalaureate Organization (IBO) (2019). *Diploma Programme Mathematics: analysis and approaches guide*. Geneva: IBO.
- International Baccalaureate Organization (IBO) (2019). *Diploma Programme Mathematics: applications and interpretation guide*. Geneva: IBO.
- International Baccalaureate Organization (IBO) (2013). *What is an IB education?* Geneva: IBO. Retrieved from <http://www.ibo.org/>
- International Baccalaureate Organization (IBO) (2010). *IB Diploma Programme: A strong predictor of success in university* [Brochure]. Retrieved from <http://www.ibo.org>
- IB Mathematics internal assessment student handout (Trabalho não publicado). Credit Ellen Thompson, Tim Gary and ISH maths department Updated May 2020.

SÍLVIA SEMANA

INTERNATIONAL SCHOOL OF THE HAGUE