

## I costrutti che incidono sulle competenze in matematica in Svizzera e in Cantone Ticino secondo l'indagine PISA 2022

The constructs affecting mathematical literacy in Switzerland and in the Canton of Ticino according to the PISA 2022 assessment

Silvia Sbaragli, Miriam Salvisberg, Michele Canducci, Alice Ambrosetti e Francesca Crotta  
Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica, SUPSI – Svizzera

✉ [silvia.sbaragli@supsi.ch](mailto:silvia.sbaragli@supsi.ch), [miriam.salvisberg@supsi.ch](mailto:miriam.salvisberg@supsi.ch), [michele.canducci@supsi.ch](mailto:michele.canducci@supsi.ch),  
[alice.ambrosetti@supsi.ch](mailto:alice.ambrosetti@supsi.ch), [francesca.crotta@supsi.ch](mailto:francesca.crotta@supsi.ch)

**Sunto** / Questo contributo indaga quali costrutti, rilevati tramite i questionari di contesto dell'indagine PISA 2022, hanno un impatto sulle competenze in matematica dei quindicenni in Svizzera e in Cantone Ticino. Lo studio è stato effettuato tramite analisi di correlazione, a cui è seguita un'analisi di regressione multipla. Nove costrutti risultano avere un impatto statisticamente significativo sia in Svizzera sia in Cantone Ticino: tra questi, quelli con effetto positivo maggiore sono il *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata* seguito dalla *condizione socioeconomica*, mentre quelli con effetto negativo maggiore sono la *frequenza delle attività relative alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) in settimana* e la *frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC*. Cinque costrutti risultano avere un impatto statisticamente significativo in Svizzera ma non in Cantone Ticino: tra questi, quello con effetto positivo maggiore è la *familiarità soggettiva con i concetti matematici* e quello con effetto negativo maggiore è la *ricerca di informazioni sul proprio futuro*; risulta inoltre interessante la significatività in Svizzera ma non in Cantone Ticino dei costrutti *genere* e *ansia per la matematica*. I risultati vengono commentati anche al fine di offrire indicazioni utili per orientare le pratiche didattiche e la formazione degli insegnanti.

**Parole chiave:** indagine PISA; competenza in matematica; costrutti; autoefficacia; condizione socioeconomica.

**Abstract** / This study examines which factors, identified through the context questionnaires of the PISA 2022 survey, affect the performance in mathematics of 15-year-olds in Switzerland and in the Canton of Ticino. The research is based on correlation analysis, followed by a multiple regression analysis. Nine constructs result to have a statistically significant impact on mathematical skills for both Switzerland and the Canton of Ticino: among them, those with the greatest positive effect are the *sense of self-efficacy in formal and applied mathematics* followed by *socioeconomic status*, while among those the greatest negative effect are the *frequency of ICT activities per week* and the *frequency of ICT support or feedback*. Five constructs have a statistically significant impact only in Switzerland and not in the Canton of Ticino: among them, the one with the greatest positive effect is *subjective familiarity with mathematical concepts* and the one with the greatest negative effect is the *future study or work information*; it is also interesting to note the significance of the constructs *gender* and *mathematics anxiety* in Switzerland but not in the Canton of Ticino. The results are also discussed to provide useful guidance for shaping teaching practices and teacher training.

**Keywords:** PISA survey; mathematics skills; constructs; self-efficacy; socioeconomic status.

# 1 Introduzione

---

In questo articolo viene analizzata l'incidenza di alcuni costrutti<sup>1</sup> sulle competenze in matematica in Svizzera e in Cantone Ticino secondo l'indagine internazionale PISA 2022 (*Programme International Student Assessment*). Per inquadrare nel migliore dei modi tale analisi è importante ricordare che le rilevazioni PISA rientrano tra le indagini internazionali su larga scala che riguardano gli «studi in cui si confrontano i risultati [degli studenti] di una certa età o grado scolastico in una o più materie nei diversi sistemi educativi e si esaminano gli effetti dei fattori contestuali sui risultati a livello di sistema, scuola, classe e studente» (Bos, 2002, citato da Hernandez-Torrano & Courtney, 2021, p. 5, traduzione degli autori). Come sottolineato da diversi autori (Hernandez-Torrano & Courtney, 2021; Kirsch & Braun, 2020; Scherer et al., 2024), le indagini internazionali su vasta scala svolgono un ruolo cruciale nell'analisi dei sistemi educativi, in quanto consentono di fornire risultati comparabili e validi sui quali i decisori politici possono prendere delle disposizioni. Le informazioni rilevate da queste indagini permettono infatti di valutare i sistemi educativi rispetto alla loro capacità di sviluppare il potenziale umano e di comprendere meglio le relazioni tra le competenze, le caratteristiche sociodemografiche e le caratteristiche relative al contesto di apprendimento.

Tornando a PISA, lo scopo dell'indagine è valutare le competenze dei quindicenni di vari Paesi tramite le prestazioni ottenute in test riguardanti tre distinti ambiti: la matematica, la comprensione dello scritto e le scienze naturali. In particolare, PISA ha l'ambizione di valutare in che misura gli allievi quindicenni sono in grado di affrontare situazioni quotidiane nelle quali è importante mobilitare le competenze riferite ai tre ambiti. Queste rilevazioni avvengono ogni tre anni e si concentrano per ciascun ciclo su un ambito principale di indagine. Dal 2000 ad oggi la matematica è stata l'ambito principale per tre volte: nel 2003, nel 2012 e nell'anno a cui si riferiscono le considerazioni di questo contributo, ossia il 2022. I risultati di PISA 2022 ottenuti dalla Svizzera in tutti e tre gli ambiti sono stati esposti nel rapporto nazionale (Erzinger et al., 2023), mentre quelli del Cantone Ticino sono riportati nei rapporti cantonali (Ambrosetti & Salvisberg, 2023; Crotta & Salvisberg, 2024). Dalle rilevazioni emerge che sia la Svizzera sia il Cantone Ticino hanno ottenuto ottimi risultati in matematica al test PISA 2022.<sup>2</sup> Nei rapporti sopracitati le competenze in matematica sono state messe in relazione con altri costrutti di contesto. Sia a livello svizzero (Erzinger et al., 2023) sia a livello ticinese (Ambrosetti & Salvisberg, 2023) i risultati sono stati approfonditi mettendo in evidenza le correlazioni tra i costrutti sociodemografici degli allievi (il genere, la lingua parlata a casa, lo statuto migratorio e la condizione socioeconomica) e le competenze in matematica. A livello svizzero si sono analizzate, oltre alla relazione tra competenza matematica e i costrutti sociodemografici sopracitati, anche l'incidenza di costrutti legati all'apprendimento (ad esempio, le emozioni e gli atteggiamenti verso la matematica, considerando in particolare l'ansia per la matematica e il senso di autoefficacia) (Erzinger et al., 2023). Vista l'importanza di comprendere più in profondità quali sono i costrutti che possono incidere sullo sviluppo delle competenze, in questo contributo si è deciso di allargare lo spettro dei costrutti analizzati nei rapporti cantonali e nazionali di PISA 2022 in relazione alle competenze in matematica.

Il tipo di analisi proposto in questo contributo prende spunto da quello effettuato da Lee e Stankov (2018). In questo studio gli autori indagano l'incidenza di un ampio numero di costrutti sulle competenze in matematica, misurate in due diverse indagini internazionali (PISA e TIMSS)<sup>3</sup> e in diversi anni

---

1. Il significato del termine *costrutto* è presentato nel par. 2.2.

2. Il punteggio medio del Cantone Ticino (515) non si differenzia da un punto di vista statistico da quello della Svizzera (508), mentre entrambi i punteggi sono superiori in modo statisticamente significativo rispetto a quello della media OCSE (472). Considerando gli altri 80 Paesi partecipanti a PISA 2022, solo sei Paesi, ovvero Singapore (575), Macao-Cina (552), Taipei cinese (547), Hong Kong-Cina (540), Giappone (536) e Corea (527) ottengono un punteggio medio superiore a quello del Cantone Ticino e della Svizzera. Tutti gli altri Paesi partecipanti (73) ottengono punteggi più bassi rispetto alla Svizzera e al Cantone Ticino; solo l'Estonia ottiene un punteggio simile (510).

3. *Trends in International Mathematics and Science Study*.

di somministrazione, facendo emergere un quadro nel quale un gruppo di costrutti concernenti le convinzioni personali (*self-beliefs*) (in particolare l'autoefficacia in PISA, la fiducia in TIMSS) e le aspettative sul livello di istruzione (sia in PISA sia in TIMSS) risultano avere maggiore impatto sulle competenze in matematica rispetto ad altri costrutti. A differenza dello studio di Lee e Stankov (2018), che hanno condotto un'analisi comparativa su tutti i Paesi partecipanti all'indagine, questo contributo si concentrerà sulla Svizzera e sul Cantone Ticino. La scelta di focalizzarsi su queste due entità è motivata dal fatto che, nel contesto svizzero, è stato adottato un sovracampionamento per un cantone, il Cantone Ticino, al fine di ottenere risultati più rappresentativi e consentire confronti specifici con altri Paesi e con la media nazionale. Quest'ultima, derivando dai ventisei sistemi educativi cantonali che la compongono (tra cui per l'appunto quello ticinese), permette un'analisi di confronto con il Cantone Ticino più mirata e significativa rispetto ad altre entità di riferimento, perché permette di capire in che misura le caratteristiche cantonali si discostano o si allineano con il contesto nazionale. Inoltre, la Svizzera, come Paese, è una delle unità di analisi nei confronti internazionali. Usare la media nazionale consente dunque di inserire meglio il Cantone Ticino in un eventuale contesto di analisi più ampio. Le domande di ricerca che hanno guidato questo lavoro sono le seguenti:

- Quali costrutti incidono sulle competenze in matematica degli studenti in Svizzera e in Cantone Ticino e in quale misura?
- Quali sono le differenze tra la Svizzera e il Cantone Ticino per quanto concerne l'incidenza dei costrutti sulle competenze in matematica?

In questo contributo si prendono in considerazione i costrutti relativi alla matematica e i costrutti generali che riguardano le convinzioni, gli atteggiamenti, i sentimenti e i comportamenti degli studenti, nonché i costrutti relativi alla matematica riguardanti le pratiche di insegnamento e le opportunità di apprendimento. Non vengono invece considerati quei costrutti che si riferiscono a pratiche, politiche e infrastrutture scolastiche, né quelli riferibili alla governance, alle politiche e alle pratiche a livello sistemico.

## 2 Quadro teorico

---

### 2.1 La competenza matematica in PISA 2022

Il concetto di competenza sul quale si basano i quadri teorici di tutti gli ambiti di PISA è quello di *literacy*, definita in modo specifico per ciascuno degli ambiti di indagine, e viene misurata attraverso le prestazioni di studenti sottoposti a test disciplinari costruiti *ad hoc*. Nel quadro concettuale dell'ultima indagine PISA 2022, la *literacy* in matematica è definita nel seguente modo:

«[...] è la capacità di un individuo di ragionare matematicamente e di formulare, utilizzare e interpretare la matematica per risolvere problemi in una varietà di contesti reali. Ciò include concetti, fatti e metodi matematici per descrivere, spiegare e prevedere i fenomeni. La *literacy* in matematica aiuta le persone a riconoscere il ruolo che la matematica riveste nel mondo e a comportarsi come cittadini costruttivi, impegnati e riflessivi del XXI secolo, ovvero a formulare giudizi e a prendere decisioni consapevolmente».

(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023a, p. 22, traduzione degli autori)

Per quanto riguarda il ragionamento matematico esplicitato nella definizione di *literacy* in matematica, esso

«si compone di processi di pensiero logicamente radicati che esplorano e collegano gli elementi del problema in modo da trarne inferenze, verificare una giustificazione data o fornire una giustificazione di affermazioni o soluzioni a problemi».

(OECD, 2013, p. 30, traduzione degli autori)

La capacità di affrontare problemi in contesto con gli strumenti della matematica è storicamente inquadrata in PISA all'interno del cosiddetto *ciclo della matematizzazione* (OECD, 2004, 2013). Nella terminologia proposta da PISA, tale ciclo viene descritto attraverso l'identificazione di alcuni processi che sono ritenuti chiave per la gestione del problema: *formulare* il problema dato in un contesto in termini matematici, *utilizzare* i saperi matematici per giungere a risultati, *interpretare* e *valutare* i risultati in rapporto al contesto. Il processo *formulare* è il primo e fondamentale passo per la risoluzione di un problema; è un processo complesso, perché

«richiede la capacità di estrapolare le informazioni necessarie per analizzare, impostare e risolvere il problema. Dunque, è necessaria a priori una comprensione profonda della situazione e una decodifica delle informazioni trasmesse dal testo (anche quelle sottintese) espresse in varie forme (linguistica, aritmetica, algebrica, grafica ecc.)».

(Franchini et al., 2017, p. 41)

Il processo *utilizzare* avviene interamente nel mondo della matematica e

«consiste nell'utilizzare strategie risolutive già note o elaborarne di nuove, applicando ad esempio fatti, regole, algoritmi; manipolando numeri, informazioni, dati grafici, espressioni o equazioni, costruzioni geometriche; utilizzando diverse rappresentazioni e passando dall'una all'altra per arrivare alla soluzione».

(Franchini et al., 2017, p. 41)

Infine, il processo *interpretare e valutare*<sup>4</sup> consiste nel riflettere su procedimenti, soluzioni o conclusioni matematiche, di interpretarle nel contesto del problema iniziale, e di valutarne l'accettabilità dei processi risolutivi e delle soluzioni trovati in base alle condizioni reali poste dal problema. Anche quest'ultimo processo non è banale, in quanto «richiede una comprensione profonda del significato matematico di quanto ottenuto» (Franchini et al., 2017, p. 41).

I due aspetti del *ragionamento matematico* e dell'utilizzo della matematica per *risolvere problemi* non sono da ritenersi scollegati tra loro, ma piuttosto vengono proposti come due componenti che si sostengono e si relazionano a vicenda, mantenendo al contempo alcune peculiarità e distinzioni (Klauer & Phye, 2008; Vosniadou & Ortony, 1989). È importante sottolineare che, rispetto al quadro teorico del 2012, in cui la *literacy* matematica si concentrava in modo prioritario sull'attività di risoluzione di problemi (OECD, 2013), nell'attuale quadro teorico si riconosce invece una maggiore importanza al ruolo del ragionamento matematico (OECD, 2023a). Si evidenzia infatti come le varie fasi del ciclo della matematizzazione coinvolgano necessariamente aspetti del ragionamento matematico. Durante il processo *formulare*, viene applicato il ragionamento matematico nell'identificare le diverse opportunità matematiche di rappresentare un particolare problema. Ciò include la capacità di trasformare

4. Il ciclo della matematizzazione presentato in PISA fino al 2012 proponeva il processo *interpretare* e il processo *valutare* come due processi sequenziali ma distinti. Negli aggiornamenti successivi si è invece preferito considerarli come parti dell'unico processo *interpretare e valutare*.

una situazione così come viene presentata nel contesto reale in una forma suscettibile di manipolazioni simbolico-matematiche, fornendo quindi strutture e rappresentazioni matematiche, identificando le variabili e facendo ipotesi semplificative per aiutare a risolvere il problema. Dopo aver effettuato questa trasformazione, attraverso il processo *utilizzare* il problema matematico deve essere risolto utilizzando i concetti, gli algoritmi e le procedure conosciuti. Anche in questa fase occorre saper prendere decisioni strategiche riguardo la selezione di questi strumenti e l'ordine della loro applicazione, il che rappresenta un'ulteriore manifestazione del ragionamento matematico. Infine, il processo *interpretare e valutare* coinvolge una riflessione su soluzioni o risultati matematici e la capacità di interpretarli nel contesto problematico di partenza. Si tratta, anche in questo caso, di applicare il ragionamento matematico per valutare le soluzioni matematiche in relazione al contesto del problema e determinare se i risultati sono ragionevoli e hanno senso nella situazione; il ragionamento interviene inoltre quando occorre determinare cosa evidenziare quando si spiega la soluzione. PISA 2022 sintetizza questa interazione tra il *ragionamento matematico* e le *fasi del ciclo della matematizzazione* attraverso la rappresentazione proposta in Figura 1.

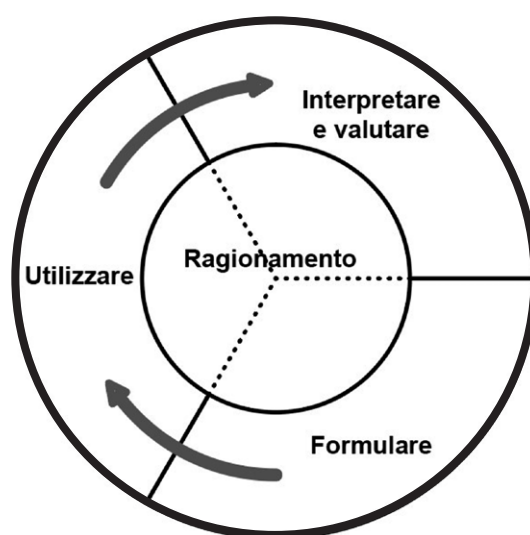


Figura 1. Rappresentazione di PISA 2022 dell'interazione tra il *ragionamento matematico* e le *fasi del ciclo della matematizzazione*.

In aggiunta a queste considerazioni PISA 2022 riconosce anche alcuni aspetti peculiari del ragionamento matematico, aspetti che vanno al di là della risoluzione di problemi. In effetti, il ragionamento matematico è anche «un modo per valutare e argomentare, valutare le interpretazioni e le inferenze relative ad affermazioni [...] e a soluzioni di problemi che, per la loro natura quantitativa, sono meglio compresi dal punto di vista matematico» (OECD, 2023a, pp. 23–24, traduzione degli autori). In quest'ottica, la matematica diventa un contesto particolarmente significativo nel quale esercitare le abilità di ragionamento, perché è una scienza che riguarda oggetti e nozioni ben definiti che possono essere analizzati e trasformati in modi diversi, al fine di ottenere conclusioni di cui siamo certi:

«attraverso la matematica, gli studenti imparano che, utilizzando un ragionamento appropriato, possono raggiungere risultati e conclusioni di cui possono fidarsi. Inoltre, tali conclusioni sono logiche e oggettive, e quindi imparziali, senza bisogno della convalida di un'autorità esterna. Questo tipo di ragionamento, che è utile ben oltre la matematica, può essere appreso e praticato con la massima efficacia all'interno della matematica».

(OECD, 2023a, p. 27, traduzione degli autori)

Infine, è necessario accennare al fatto che nel framework di PISA 2022 (OECD, 2023a) si esplicita anche come la competenza vada inquadrata tenendo in considerazione i seguenti aspetti: i domini dei contenuti matematici in cui la competenza matematica viene applicata (quantità, dati e incertezza, variazioni e relazioni, spazio e figure); i contesti in cui esercitare la competenza (personale, lavorativo, sociale, scientifico) e le competenze del XXI secolo che sono di supporto e sono sviluppate attraverso la competenza matematica (pensiero critico, creatività, ricerca e indagine, auto-orientamento, iniziativa e persistenza, uso dell'informazione, pensiero sistemico, comunicazione, riflessione).

2.2 I costrutti dei questionari di contesto di PISA 2022

Per poter valutare la complessità dei sistemi educativi, oltre ai risultati delle competenze nei tre ambiti (matematica, comprensione dello scritto, scienze naturali) valutati tramite test, PISA sottopone agli studenti e alle direzioni delle scuole dei questionari<sup>5</sup> di contesto che mirano a raccogliere informazioni su vari costrutti che coprono diverse tematiche, ad esempio le convinzioni, gli atteggiamenti, i sentimenti e i comportamenti degli studenti. Il *costrutto*, in PISA, viene definito come «una concettualizzazione teoricamente definita di un aspetto del comportamento umano o di un fenomeno empirico» (OECD, 2023a, p. 170, traduzione degli autori). Per poter misurare ciascun costrutto è necessario operazionalizzarlo, ovvero «legare i concetti scientifici a operazioni che chiunque può osservare o eseguire rendendo il più possibile oggettivi i dati dell'osservazione scientifica» (Bridgman, 1927, citato in Chiorri, 2011, p. 27). L'operazionalizzazione avviene identificando degli indicatori osservabili che a loro volta vengono «operativizzati attraverso una o più variabili» (Corbetta, 2007, p. 45). Le domande del questionario poste agli studenti sono il risultato del processo di operazionalizzazione volto a misurare i costrutti di interesse. Partendo dalle risposte degli studenti, il dataset di PISA offre degli indici già elaborati a livello internazionale riferiti ai costrutti, composti dalla combinazione di più variabili (per ulteriori dettagli relativi agli indici e alla procedura adottata per crearli si rimanda a: OECD, 2024b, pp. 384–447). Vi sono perciò alcuni costrutti che corrispondono in modo univoco a una variabile; altri costrutti che corrispondono al risultato di un processo di composizione e combinazione di più variabili. Nel prosieguo il termine costrutto sarà usato anche per riferirsi a elementi misurati direttamente tramite una variabile. Grazie all'analisi di quanto raccolto attraverso i test e i questionari di contesto, è possibile ricavare informazioni sulle relazioni fra le competenze e i costrutti indagati, così da fornire importanti indicatori per gli agenti dei sistemi educativi dei Paesi e per i ricercatori in ambito educativo e didattico.

I costrutti indagati nei questionari di contesto di PISA 2022 (OECD, 2023a) sono stati organizzati in una tassonomia a due dimensioni, presentate nella prima colonna e nella prima riga della Tabella 1.

|                                  | 1. Background degli studenti | 2. Convinzioni, atteggiamenti, sentimenti e comportamenti degli studenti | 3. Pratiche di insegnamento e opportunità di apprendimento | 4. Pratiche, politiche e infrastrutture scolastiche | 5. Governance, politiche e pratiche a livello sistemico |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| A. Costrutti riferiti all'ambito |                              |                                                                          |                                                            |                                                     |                                                         |
| B. Costrutti generali            |                              |                                                                          |                                                            |                                                     |                                                         |

Tabella 1. Tassonomia a due dimensioni dei questionari di contesto di PISA 2022 (OECD, 2023a).

5. I questionari agli studenti e alle scuole sono obbligatori per tutti i Paesi. Vi sono in aggiunta altri questionari opzionali indirizzati ai genitori o ai docenti, che la Svizzera non somministra, e il questionario opzionale focalizzato sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) indirizzato agli studenti, al quale invece la Svizzera aderisce.



La prima dimensione (in colonna nella **Tabella 1**) classifica i costrutti proposti in due categorie:

- A. *Costrutti riferiti all'ambito*. Si tratta di costrutti riferiti all'ambito disciplinare considerato, nel nostro caso alla matematica, e sono intesi in due sensi: costrutti che possono spiegare le prestazioni degli studenti nell'ambito specifico e costrutti che possono spiegare fenomeni più ampi, ma sempre legati all'ambito di riferimento, come ad esempio le scelte di iscrizione a corsi o di carriera scolastica futura. Un esempio di costrutto afferente alla prima interpretazione è il senso di autoefficacia in matematica; invece, un esempio di costrutto afferente alla seconda interpretazione è la partecipazione a lezioni supplementari di matematica.
- B. *Costrutti generali*. Si tratta di costrutti non inerenti all'ambito di indagine, ma che possono comunque spiegare i risultati scolastici degli studenti: ad esempio i sentimenti degli studenti nei confronti della scuola (le relazioni studente-insegnante, le esperienze di bullismo ecc.), le infrastrutture scolastiche come la disponibilità di tecnologia digitale per l'apprendimento, o costrutti che integrano gli indicatori di efficacia educativa (ad esempio, il benessere soggettivo, le caratteristiche sociali ed emotive ecc.).

La seconda dimensione (in riga nella **Tabella 1**) classifica i costrutti proposti in cinque categorie basate su aree chiave collegate alle strategie e politiche educative:

1. *Background (costrutti di contesto) degli studenti*. Questa categoria comprende i costrutti legati alla condizione socioeconomica, alla condizione sociodemografica, allo statuto migratorio e linguistico, ai percorsi di scolarizzazione; questi costrutti forniscono informazioni che vengono utilizzate per valutare la capacità dei Paesi di garantire equità nelle opportunità educative.
2. *Convinzioni, atteggiamenti, sentimenti e comportamenti degli studenti*. Questa categoria comprende costrutti che intendono raccogliere informazioni sulle convinzioni (ad esempio riguardo all'apprendimento), sugli atteggiamenti (ad esempio nei confronti della matematica, oppure legati ad aspetti sociali ed emotivi), sui sentimenti (riferiti ad esempio alla scuola, a specifiche discipline, oppure ad aspetti sociali ed emotivi) e sui comportamenti (ad esempio la partecipazione ad attività extrascolastiche). Costrutti come il rispetto e la comprensione degli altri, la motivazione ad apprendere e a collaborare o la capacità di regolare il proprio comportamento possono svolgere un ruolo nell'acquisizione di conoscenze e competenze relative all'area disciplinare.
3. *Pratiche di insegnamento e opportunità di apprendimento*. Questa categoria comprende costrutti che raccolgono informazioni come le qualifiche dei docenti di matematica, le pratiche didattiche dei docenti, il clima in classe, le opportunità di apprendimento dentro e fuori dalla scuola.
4. *Pratiche, politiche e infrastrutture scolastiche*. Questa categoria comprende costrutti che raccolgono informazioni aggregate riguardo ai dati demografici degli studenti, oppure informazioni su aspetti strutturali (come l'ubicazione, il tipo e le dimensioni della scuola), o sulla composizione sociale ed etnica degli studenti della scuola.
5. *Governance, politiche e pratiche a livello di sistema*. Questa categoria intende concentrare l'attenzione sulla governance, e dunque comprende costrutti che indagano l'attivazione da parte delle scuole di quei processi valutativi che gli amministratori scolastici utilizzano per controllare la qualità della scuola e per monitorare e promuoverne il miglioramento.

I costrutti afferenti alle sottocategorie ottenute dagli incroci di A e B con 1, 2, 3, 4 e 5 vengono indagati sia tramite il questionario dedicato agli studenti sia tramite quello per i dirigenti scolastici (obbligatori per tutti i partecipanti all'indagine). Per questo contributo si è deciso di focalizzarsi solo sui risultati dei costrutti interni alle sottocategorie A2 (costrutti riferiti alla matematica e riguardanti le convinzioni, gli atteggiamenti, i sentimenti e i comportamenti degli studenti), A3 (costrutti riferiti alla matematica e riguardanti le pratiche di insegnamento e le opportunità di apprendimento) e B2 (co-

strutti generali riguardanti le convinzioni, gli atteggiamenti, i sentimenti e i comportamenti degli studenti) concernenti il questionario rivolto agli studenti. Complessivamente i costrutti afferenti a queste tre sottocategorie indagati per il presente contributo sono quarantotto e sono riportati nell'[Allegato 1](#).<sup>6</sup> Sono stati quindi esclusi dall'analisi i costrutti derivanti da questionari rivolti ai dirigenti scolastici (A4, A5, B4, B5); i costrutti della sottocategoria A1, perché non presenti nel framework di PISA 2022 (OECD, 2023a); i costrutti della sottocategoria B3, in quanto inerente alla situazione eccezionale e molto circoscritta della pandemia globale; i costrutti della sottocategoria B1.<sup>7</sup>

Inoltre, a fronte dell'importanza della tematica dell'integrazione del digitale nell'insegnamento e della disponibilità di ulteriori dati proprio su questa area, si è deciso di integrare nelle analisi alcuni costrutti che derivano dal questionario opzionale per gli studenti sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) al quale la Svizzera e il Cantone Ticino hanno aderito, tralasciando le domande relative alle infrastrutture delle scuole. Anche di questi costrutti è riportato l'elenco nell'[Allegato 1](#).

### 3 Metodologia

I dati dell'indagine PISA 2022 relativi alla Svizzera (estratti dal dataset internazionale) e al Cantone Ticino (Erzinger et al., 2024) sono l'oggetto di analisi di questo contributo. In entrambi i contesti, gli allievi partecipanti all'indagine sono quindicenni (ovvero nati nel 2006): il campione svizzero di partecipanti è composto da 6'829 allievi, mentre quello ticinese da 987 allievi, ed è incluso nel campione svizzero. Questi campioni sono ponderati<sup>8</sup> in modo da consentire di generalizzare i risultati su rispettivamente 75'696 e 2'996 giovani di quindici anni, numeri che corrispondono alle dimensioni dei campioni ponderati per la Svizzera e per il Cantone Ticino.<sup>9</sup> Il campione ponderato ticinese è incluso nel campione ponderato svizzero e rappresenta dunque il 4% di quest'ultimo. Data la percentuale relativamente contenuta e il fatto che il campione ponderato svizzero è di dimensione più grande, la sua influenza sui risultati complessivi del campione ponderato svizzero è ridotta, a meno che non si presenti il caso di relazioni, tra i costrutti studiati, molto diverse per il Cantone Ticino rispetto al resto della Svizzera (ad esempio se in Cantone Ticino vi fosse una relazione fortemente positiva e in Svizzera fortemente negativa tra un costrutto e le competenze in matematica); una tale situazione potrebbe in effetti comportare un'influenza del campione ticinese nell'attenuare i coefficienti nazionali. Dal punto di vista della composizione sociodemografica dei due campioni si riscontrano alcune differenze: il campione ticinese si distingue da quello svizzero per una percentuale più elevata di maschi (55%

6. Nella sottocategoria B2 rientrano anche i seguenti costrutti che non sono stati considerati nelle analisi del presente contributo: i costrutti relativi alle aspettative professionali (BSMJ); all'impegno per far bene il test PISA e il questionario (ST331Q01, Q02 e Q03); e tre relativi alle attività prima e dopo la scuola (EXERPRAC, WORKPAY e WORKHOME). Questi costrutti non sono stati scelti per i seguenti motivi: per i primi si è riscontrata un'alta percentuale di dati mancanti; l'impegno al test è stato ritenuto un costrutto troppo specifico al contesto dello svolgimento della prova PISA e i terzi costrutti dicotomici non sono direttamente misurabili insieme a tutte le altre variabili per ciò che concerne il coefficiente di correlazione utilizzato (par. 3.2). Va segnalato inoltre che alcuni costrutti (ad esempio ingegno/immaginazione e spirito di avventura; assenteismo; prospettive di carriera formativa futura; presa di prospettiva; auto-controllo; fiducia) non sono stati operazionalizzati dall'OCSE attraverso delle variabili o non vi sono dati validi nel dataset internazionale, motivo per il quale non sono inclusi nelle analisi svolte.

7. Tuttavia, alcuni dei costrutti della sottocategoria B1, riguardante i costrutti generali in relazione al background degli studenti (la condizione socioeconomica, la lingua parlata a casa, il genere e l'aver o meno ripetuto una classe), sono stati utilizzati nell'analisi di regressione come variabili di controllo (par. 3.2).

8. Il campione in PISA è ponderato: i dati sono analizzati applicando pesi campionari che tengono conto sia della probabilità di selezione degli allievi sulla base del design utilizzato per costruire il campione, sia di chi è stato selezionato ma non ha poi partecipato. La ponderazione viene effettuata per garantire che i risultati siano rappresentativi della popolazione di riferimento. Per ulteriori dettagli sulla ponderazione si rimanda al rapporto tecnico dell'indagine (OECD, 2024b, pp. 188–200).

9. Anche il campione ticinese è da considerarsi rappresentativo in quanto si è proceduto con un sovracampionamento per questa regione, rispetto a quanto necessario dagli standard internazionali per il solo campione svizzero, proprio per garantire la possibilità di svolgere analisi conclusive sulla popolazione degli allievi quindicenni ticinesi.



contro il 51%), per una quota più elevata di giovani che a casa parlano la lingua del test (85% contro 71%) e per una media dell'indice sulla condizione sociale più elevata (0,36 contro 0,17), mentre per lo status migratorio non si rilevano differenze particolari. La struttura federalista della Svizzera, che si riflette anche nel settore dell'educazione, determina l'esistenza di ventisei sistemi educativi cantonali. Il sistema educativo ticinese si distingue dagli altri perché, generalmente, le ragazze e i ragazzi di quindici anni hanno già completato il percorso scolastico obbligatorio. Questo si riflette nel campione ticinese, che è composto dall'81% di giovani che stanno frequentando una scuola post-obbligatoria. Invece, considerando il campione svizzero nel suo complesso, solo il 41% ha terminato la scuola dell'obbligo a quindici anni. Per rispondere ai quesiti di indagine, si è proceduto effettuando inizialmente delle analisi<sup>10</sup> di correlazione e in seguito delle analisi di regressione lineare multipla.

### 3.1 Analisi di correlazione

L'obiettivo di questa analisi è quello di selezionare i costrutti afferenti alle sottocategorie dichiarate nel par. 2.2 che risultano essere in correlazione con le competenze in matematica misurate dal test PISA sia a livello svizzero sia a livello ticinese. L'analisi di correlazione svolta è bivariata, ossia avviene tra due variabili, intese nel senso statistico del termine, e permette di identificare se tra loro vi è una covariazione lineare, ovvero se all'aumentare di una variabile, aumenta (o diminuisce) anche l'altra e viceversa. Nel nostro caso, sono variabili statistiche da inserire nell'analisi sia la competenza in matematica, sia i vari costrutti indagati. Il coefficiente  $r$  di Pearson risultante dall'analisi va da  $-1$  a  $+1$  e indica il grado di correlazione; se il coefficiente di correlazione è ad esempio  $1$ , significa che vi è una correlazione positiva perfetta tra due variabili: si può dire cioè che, mediamente, all'aumentare di una variabile (ad esempio all'aumentare delle competenze in matematica), aumenta proporzionalmente anche l'altra variabile (ad esempio il senso di autoefficacia in matematica formale e applicata), e viceversa (all'aumentare del senso di autoefficacia in matematica formale e applicata, aumentano le competenze in matematica). Un coefficiente invece negativo di  $-1$  significa che vi è una correlazione negativa perfetta, ossia che ad ogni aumento di una variabile (ad esempio all'aumentare delle competenze in matematica) corrisponde una diminuzione proporzionale dell'altra variabile (ad esempio l'ansia in matematica), e viceversa (all'aumentare dell'ansia in matematica, diminuiscono le competenze in matematica). Un coefficiente pari a  $0$  indica che non vi è correlazione, ossia le due variabili non covariano assieme e dunque non risulta che vi sia una relazione tra esse. È da considerare che la correlazione non va mai interpretata come un coefficiente che indica una relazione causale, ossia non è possibile dire se una variabile è la causa di un'altra e qual è l'effetto, ma si tratta di considerare se due variabili variano nella stessa direzione oppure no. Ad esempio, è possibile che allievi con elevati livelli di ansia abbiano una competenza matematica bassa e viceversa (correlazione negativa tra le due variabili), ma non è dato sapere se il fatto che gli allievi siano più ansiosi sia causa di una bassa competenza matematica, o se una competenza bassa sia causa di maggiore ansia negli allievi.

Nel contesto di questo contributo si è dapprima proceduto a calcolare la correlazione tra tutti i costrutti considerati e tra i costrutti e le competenze in matematica. L'analisi delle correlazioni tra i vari costrutti è servita a controllare eventuali problemi di collinearità dovuti a una relazione molto forte tra due costrutti: si è considerato come soglia un coefficiente di correlazione pari o superiore a  $0,8$  (Field, 2024). Da questo controllo non sono risultate relazioni con un coefficiente superiore a questa soglia e dunque si sono mantenuti tutti i costrutti nel prosieguo delle analisi.

Dalle analisi delle relazioni dei costrutti con le competenze in matematica si è deciso di considerare i costrutti con una significatività statistica e pratica per la Svizzera e/o per il Cantone Ticino. La signifi-

10. Per le analisi è stato utilizzato il software R (versione 4.4.1) e in particolare il pacchetto BFIesurvey (versione 3.6-6) (Robitzsch & Oberwimmer, 2022), al fine di gestire la complessa struttura dei dati. In particolare, è stato applicato il peso appropriato come richiesto a livello internazionale, sono stati utilizzati i *replicate weights* per calcolare gli errori standard e sono stati considerati 10 *plausible values* quali misura delle competenze.

cattività statistica indica se il risultato trovato nel campione è generalizzabile o meno alla popolazione secondo un determinato grado di probabilità. Si può ad esempio stabilire se il risultato di una correlazione o di un coefficiente di regressione è statisticamente significativo o meno al 95% di probabilità osservando se i risultati nelle analisi statistiche forniscono un valore del *p-value* minore o maggiore di 0,05. Se il valore del *p-value* ottenuto è minore di 0,05, si può sostenere che la correlazione o il coefficiente di regressione in questione sono statisticamente significativi al 95%. Di fatto, però, in presenza di campioni molto estesi come sono quelli relativi a questa analisi, la probabilità che le analisi statistiche diano risultati significativi a livello statistico è molto alta. È quindi interessante considerare la forza della correlazione quale indicatore di significatività pratica. Ad esempio, nel caso di una correlazione positiva statisticamente significativa tra un costrutto e le competenze in matematica che ha però una dimensione piccola (come per esempio  $r = 0,04$ ), ciò significa che all'aumentare del costrutto aumentano le competenze (e viceversa), ma di molto poco; ne deriva che il costrutto potrebbe avere poco impatto sulle competenze degli allievi. È dunque la significatività pratica che permette di non «sopravalutare effetti molto piccoli ma statisticamente significativi [...] e di sottovalutare effetti grandi ma non statisticamente significativi» (Chiorri, 2020, p. 225). Nel presente contributo si è deciso di tenere conto della significatività statistica a un livello del 95% e di una significatività pratica data da coefficienti  $r$  di Pearson in valore assoluto uguali o maggiori di 0,2 tra i costrutti considerati e le prestazioni al test PISA in matematica a livello svizzero e ticinese.

### 3.2 Analisi di regressione

Con i costrutti significativi dal punto di vista statistico e pratico selezionati dall'analisi di correlazione, sono stati creati due modelli di regressione lineare multipla: uno per la Svizzera e uno per il Cantone Ticino. L'obiettivo dell'analisi di regressione è quantificare la presenza e la forza della relazione di questi costrutti sulle competenze in matematica, in un modello che li considera tutti assieme. In generale, l'analisi di regressione permette di determinare il peso, ossia la dimensione dell'effetto, di ogni variabile statistica indipendente considerata (ad esempio l'ansia in matematica, il genere ecc.) nel predire una variabile statistica dipendente (nel caso presente, le competenze in matematica) (Chiorri, 2020). L'interesse di un'analisi di regressione multipla, rispetto a una correlazione che considera la relazione unicamente tra due variabili alla volta, è quello di poter considerare contemporaneamente la relazione di più variabili con la variabile dipendente e di isolare l'effetto proprio di ogni variabile indipendente (controllando per le altre variabili indipendenti considerate). I coefficienti di regressione, qui indicati con  $\beta$  (beta standardizzato, par. 5) e calcolati tramite un'analisi di regressione multipla, indicano quanto varia la variabile indipendente al variare della variabile dipendente considerata e mantenendo le altre variabili indipendenti costanti. Tuttavia, è importante sottolineare che l'ipotesi di causalità è difficilmente verificabile con dati raccolti in un unico momento (ad esempio se è il senso di autoefficacia che influenza le competenze, o se sono le competenze che impattano sul senso di autoefficacia); per questa ragione si raccomanda cautela nell'interpretazione causale dei risultati.

Per costituire dei modelli comparabili tra Svizzera e Cantone Ticino sono stati considerati i costrutti per cui è risultata una relazione statisticamente significativa e con coefficiente di correlazione con le competenze in matematica a livello svizzero e/o a livello ticinese che fosse in valore assoluto uguale o maggiore rispetto a 0,20 (si veda la Tabella 2). Dunque, nel modello di regressione della Svizzera sono inclusi i costrutti che hanno un coefficiente di correlazione in valore assoluto sotto lo 0,20 con le prestazioni in matematica, ma che è superiore o uguale a 0,20 unicamente per il Cantone Ticino, e viceversa. Inoltre, nei modelli di regressione lineare multipla sono stati inseriti come variabili di controllo i costrutti relativi alla condizione socioeconomica, alla lingua parlata a casa, al genere e all'avere o meno ripetuto una classe; è infatti comprovato a livello scientifico il loro impatto sulle competenze in matematica a livello nazionale (Erzinger et al., 2023) e internazionale (Lee & Stankov, 2018). Di tutti i costrutti inseriti nel modello di regressione, vengono considerati quelli statisticamente significativi (cioè quelli per cui, ancora una volta, il *p-value* ottenuto è minore di 0,05).

## 4 Risultati dell'analisi di correlazione con le competenze in matematica

---

In questo paragrafo vengono riportati i costrutti significativi dal punto di vista statistico e pratico per la Svizzera, per il Cantone Ticino o per entrambi, individuati dall'analisi di correlazione con le competenze in matematica, presentati con una breve descrizione teorica per ciascuno (par. 4.1) e a seguire tramite i risultati puntuali ottenuti dall'analisi (par. 4.2).

### 4.1 I costrutti significativi risultati dall'analisi di correlazione con le competenze in matematica

Dall'analisi di correlazione dei quarantotto costrutti sui quali ci si è concentrati ([Allegato 1](#)), sono risultati significativi dal punto di vista statistico e pratico i seguenti dodici:

- *ansia per la matematica*;
- *aspettative formative*;
- *ricerca di informazioni sul proprio futuro*;
- *curiosità*;
- *familiarità soggettiva con i concetti matematici*;
- *frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC*;
- *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana*;
- *frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend*;
- *frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie*;
- *percezione della qualità delle lezioni in matematica*;
- *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata*;
- *senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo*.

Per ciascuno di questi costrutti viene riportata una breve descrizione teorica.

***Ansia per la matematica.*** Il termine “ansia” è generalmente utilizzato per indicare una risposta emotiva complessa caratterizzata da sentimenti di preoccupazione, apprensione, tensione e paura riguardo a situazioni percepite come minacciose o stressanti (Barlow, 2002). In riferimento alla matematica, dunque, l'ansia riguarda tale condizione emotiva che molte persone sperimentano quando si cimentano con questa disciplina (Ashcraft, 2002). Questa forma di ansia è considerata un'ansia di tratto, cioè un elemento relativamente stabile della personalità di un individuo e si differenzia dunque sia da quella di stato, che si attiva solo in alcune situazioni specifiche, sia dall'ansia legata al test (Hembree, 1990; Kazelskis et al., 2000). Per gli studenti afflitti da ansia per la matematica, gli effetti vanno oltre la mera avversione o preoccupazione per la materia stessa; essa incide anche su risposte fisiologiche come la frequenza cardiaca, l'attivazione neurale e il livello di cortisolo (Pletzer et al., 2015; Sarkar et al., 2014).

Il questionario PISA 2022 indaga questo costrutto, presente nella sottocategoria A2, attraverso sei item ([Allegato 2a](#)) nei quali agli studenti viene chiesto di esprimere il grado di accordo/disaccordo riguardo ad alcuni stati emotivi associati alla matematica, ad esempio “Mi preoccupa spesso l'idea di avere delle difficoltà nelle lezioni di matematica”, o “Quando devo fare i compiti di matematica divento molto teso/a”, oppure ancora “Mi sento perso/a quando lavoro su un problema matematico”.

***Aspettative formative e ricerca di informazioni sul proprio futuro.*** PISA 2022 misura il costrutto *percorsi formativi e aspirazioni post-secondarie* attraverso diversi altri costrutti (ad esempio le *aspettative sul lavoro futuro*). In questa analisi, quelli che hanno trovato significatività pratica e statistica sono due: le *aspettative formative* e la *ricerca di informazioni sul proprio futuro*. Entrambi i costrutti afferiscono alla sottocategoria B2. Il primo di questi costrutti, *aspettative formative*, indaga la formazione

futura che gli allievi intendono conseguire. È opportuno ricordare che i giovani partecipanti a PISA si trovano in un momento saliente della loro formazione, in quanto hanno iniziato o inizieranno a breve una formazione post-obbligatoria: in questa fase, le aspettative sono un indicatore su dove questi giovani si stanno dirigendo. Dalle diverse ricerche volte ad indagare gli aspetti che influiscono sulla riuscita scolastica, sintetizzate in Hattie (2023) e in Marcionetti et al. (2023), emerge che le aspettative formative future dei giovani si trovano tra quelli che hanno una maggiore incidenza. Inoltre, le ricerche che studiano il processo di costruzione delle scelte per il proprio futuro da parte dei giovani, sottolineano come le relazioni interpersonali tra compagni, genitori e insegnanti abbiano un ruolo importante nell'influenzare le scelte future, e le aspettative future in particolare, soprattutto nei sistemi educativi dove vi sono percorsi formativi con selezioni (Buchmann & Dalton, 2002).

La domanda posta nel questionario si compone di otto item (riportati nell'[Allegato 2b](#)) nei quali agli studenti viene chiesto: "Quali dei seguenti titoli di studio pensi di conseguire?". Per ogni titolo di studio si chiede agli studenti di scegliere tra le risposte: sì, no, non lo so. Esempi di titoli sono: apprendistato con o senza maturità, scuole di maturità, scuola specializzata, scuole professionali a tempo pieno. Il costrutto è stato trasformato nel titolo più alto che gli allievi vorrebbero conseguire.

Il secondo costrutto è la *ricerca di informazioni sul proprio futuro*, ossia la ricerca attiva di informazioni da parte degli allievi sul proprio futuro (Nota et al., 2007). Questo processo comprende l'attività svolta dagli studenti per raccogliere dati e conoscenze riguardanti le possibili scelte educative e professionali future. La ricerca può coinvolgere varie fonti, come l'orientamento scolastico, i colloqui con insegnanti e consulenti, le ricerche online, e le conversazioni con familiari e amici. L'accesso a informazioni accurate e rilevanti può aiutare gli studenti a prendere decisioni informate riguardo al proprio percorso formativo e professionale, avendo obiettivi chiari e migliorando così la loro motivazione e il loro impegno nello studio. Questo porta, di conseguenza, a un miglioramento delle loro competenze accademiche e della riuscita scolastica complessiva.

La domanda posta nel questionario si compone di undici item (riportati nell'[Allegato 2c](#)) nei quali agli studenti viene chiesto: "Hai fatto una delle seguenti cose per conoscere i futuri studi o tipi di lavoro?". Per ogni item, gli studenti possono rispondere sì una volta, sì due o più volte, oppure no. Esempi di item sono: "Ho fatto uno stage", oppure "Ho parlato con un orientatore nella mia scuola".

**Curiosità.** Le competenze sociali ed emotive stanno diventando sempre più elementi importanti da considerare nell'apprendimento e nella vita di ogni individuo (OECD, 2024a). Infatti, questi concetti sono ormai presenti nei programmi di studio di diversi Paesi (ad esempio, Nuova Zelanda, Portogallo e India) e vengono anche testati nelle indagini internazionali come la *Survey on Social and Emotional Skills* (SSES) del 2019 e del 2023 promossa dall'OCSE (per maggiori informazioni si veda OECD, 2024a). Alcune di queste caratteristiche sociali ed emotive sono state anche integrate nel questionario per gli studenti dell'indagine PISA 2022, tra le quali l'emozione "curiosità". Essa è definita come «l'interesse per le idee e l'impegno per l'apprendimento, la comprensione e l'esplorazione intellettuale. Chi ha una mentalità curiosa ama leggere libri e viaggiare verso nuove destinazioni» (OECD, 2024a, p. 12, traduzione degli autori). Dall'indagine SSES (OECD, 2024a) emerge

«che gli studenti con livelli più elevati nella motivazione, nella perseveranza e nella curiosità ottengono voti più alti in lettura, matematica e arte, hanno meno probabilità di arrivare in ritardo o di "saltare" la scuola e hanno maggiori probabilità di completare l'istruzione terziaria».

(p. 110, traduzione degli autori)

Il questionario PISA 2022 indaga il costrutto della curiosità, afferente alla sottocategoria B2, attraverso dieci item ([Allegato 2d](#)) nei quali agli studenti è chiesto di esprimere il grado di accordo/disaccordo riguardo ad alcune affermazioni, ad esempio "Mi interessano molte cose diverse", o "Mi piace imparare cose nuove a scuola", oppure ancora "Mi piace fare delle ipotesi e verificarle in base a quello che osservo".

**Familiarità soggettiva con i concetti matematici.** L'idea di *Opportunity to Learn* (OTL), introdotta per la prima volta da Carroll (1963) con l'intento di indagare se gli studenti avessero il tempo sufficiente e se avessero ricevuto insegnamenti adeguati all'apprendimento (Abedi, 2006), viene oggi utilizzata dalla ricerca educativa in un senso più ampio, per indicare «l'insieme dei fattori di contesto che catturano le opportunità di apprendimento a cui uno studente è esposto» (OECD, 2023a, p. 181, traduzione degli autori). Rientrano all'interno di questo insieme, ad esempio, le qualifiche degli insegnanti, le pratiche didattiche, il clima in classe, il tempo a disposizione per l'apprendimento, ma anche altre dimensioni come l'esposizione di studenti a contenuti disciplinari, in questo caso matematici. Nell'indagine PISA 2022 quest'ultima dimensione include l'esposizione degli studenti a diversi tipi di attività matematiche (compiti di matematica formale e applicata), così come la loro esposizione al ragionamento matematico e alle competenze del XXI secolo relative alla matematica, nonché la loro *familiarità soggettiva con i concetti matematici*. La *familiarità soggettiva con i concetti matematici* riguarda dunque in modo specifico l'ambito matematico, e si riferisce a enti, procedimenti, grandezze ecc. che rientrano negli ambiti di studio propri della disciplina.

Il questionario PISA 2022 indaga questo costrutto, afferente alla sottocategoria A3, attraverso la domanda "Pensa ai concetti matematici. Quanto ti sono familiari i seguenti termini?" riferita a dodici concetti diversi, come ad esempio "Equazione lineare", "Probabilità", "Area del cerchio" ([Allegato 2e](#)); per ciascuno dei concetti presentati è richiesto di scegliere in una scala da 1 ("Non l'ho mai sentito") a 5 ("Lo conosco bene, capisco il concetto"). Tra i concetti presentati, si trova anche un concetto non matematico ("Scala congiuntiva") utilizzato come filtro per l'attendibilità delle risposte dal punto di vista statistico.

**Frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC.** Secondo Lipnevich e Panadero (2021), il feedback è un'informazione data agli studenti relativa a dove si trovano in quel momento, dove sono diretti e come arrivarci; può essere data dall'insegnante, dall'alunno stesso, dai compagni o anche da un media digitale come il computer. In generale, la ricerca internazionale ha da tempo messo in luce l'importanza del feedback sulla riuscita scolastica degli studenti (Hattie, 2008) e ha mostrato che vi è una certa variabilità degli effetti del feedback sulla riuscita scolastica che dipende da chi fornisce il feedback, dall'oggetto del feedback e dai mezzi con cui viene erogato (Hattie, 2023; Wisniewski et al., 2020). In altre parole, non tutti i tipi di feedback hanno gli stessi effetti. Ad esempio, il feedback dato dagli studenti ai propri compagni ha un effetto<sup>11</sup> maggiore ( $d = 0,85$ ) rispetto a quello dato dai docenti agli studenti ( $d = 0,47$ ), o da quello ricevuto per mezzo delle tecnologie ( $d = 0,55$ ) (Hattie, 2023). Inoltre, emerge che il feedback è più efficace quando contiene maggiori informazioni, soprattutto relative a "cosa fare come prossimo passo" (Hattie & Clarke, 2019). In questo panorama, inizia ad essere studiato il ruolo delle tecnologie nel feedback, indagato in PISA attraverso il costrutto *frequenza del supporto o del feedback per mezzo delle TIC*. Emerge ad esempio in Albinson et al. (2020) che le diverse caratteristiche relative alle TIC possono influenzare il modo in cui gli insegnanti forniscono feedback agli studenti: i feedback computerizzati possono fornire un riscontro aggiuntivo e tempestivo, ideale per i compiti formativi; l'uso di feedback audio o video può migliorare l'esperienza del feedback, aiutando gli studenti a comprenderlo e aumentando il loro coinvolgimento.

Il questionario PISA 2022 relativo alle TIC indaga questo costrutto attraverso la seguente domanda composta da quattro item ([Allegato 2f](#)): "Durante questo anno scolastico, con che frequenza hai utilizzato i media digitali per le seguenti attività?". Per ogni attività proposta, gli studenti possono scegliere una tra cinque opzioni di frequenza che vanno da "Mai o quasi mai" fino "Ogni giorno o quasi ogni giorno". Le attività alle quali devono rispondere gli studenti sono sempre riferite a diversi tipi di feedback dati dal docente, dai compagni o dalle app. Ad esempio: "Leggere o ascoltare i commenti

11. Effect size ( $d$ ) utilizzati e calcolati in Hattie (2023).

inviati dai miei insegnanti sul mio lavoro e i miei risultati scolastici” e “Leggere o ascoltare i commenti selezionati automaticamente per te da un software didattico o una app”.

**Frequenza delle attività relative alle TIC in settimana e nel weekend e dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie.** Come evidenziato nell'inquadramento teorico del questionario PISA 2022 (OECD, 2023a), le TIC stanno trasformando molti aspetti della vita quotidiana delle persone: sono accessibili alla maggior parte della popolazione e vi è un costante aumento nel loro utilizzo sia nella vita professionale sia nel tempo libero. Per quanto riguarda la *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana* e la *frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend*, l'indagine PISA del 2022 rileva che la maggior parte dell'uso delle TIC al di fuori della scuola da parte degli studenti è per attività di svago (OECD, 2023a) e che i giovani usano le tecnologie per attività di svago per due ore e mezza in un giorno della settimana e più di tre ore nel fine settimana. Van Deursen e Helsper (2015) sottolineano che l'uso delle TIC per il tempo libero è potenzialmente correlato alle prestazioni cognitive, alle competenze TIC e al benessere degli studenti a dipendenza dalla frequenza, dalla diversità e dal tipo di attività in cui gli studenti sono coinvolti. Altre ricerche evidenziano anche i diversi rischi associati all'uso improprio o eccessivo delle TIC tra i giovani (OECD, 2017; Hooft Graafland, 2018). Ad esempio, l'uso eccessivo dei videogiochi e l'uso compulsivo dei social media possono avere gravi conseguenze fisiche, sociali, psicologiche e cognitive (OECD, 2017; Smith et al., 2008).

Per quanto riguarda la *frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie*, diversi studi (ad esempio, Consorzio PISA.ch, 2019; Crotta et al., 2021) mostrano che l'utilizzo a scuola della tecnologia in sé non è garanzia di una migliore riuscita scolastica, ma ciò che sembra essere importante è come, per cosa e da parte di chi avviene l'uso delle tecnologie.

Il questionario PISA 2022 relativo alle TIC indaga i due primi costrutti attraverso le seguenti due domande ([Allegati 2g](#) e [2h](#)): “Durante un normale giorno della settimana, quanto tempo passi a fare le seguenti attività di svago?” e “Durante un normale giorno del fine settimana, quanto tempo passi a fare le seguenti attività di svago?”. I sette item che compongono le due domande sono gli stessi. Gli studenti possono rispondere agli item, scegliendo una tra cinque opzioni che vanno da “Non svolgo questa attività” fino a “Più di 7 ore al giorno”. Tra le attività di svago presentate vi sono ad esempio: “Giocare ai videogiochi (utilizzando il mio smartphone, una console di gioco o una piattaforma online o delle app)” e “Navigare nei social network (ad es. Instagram®, Facebook®)”. Per il costrutto *frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie*, nel questionario di PISA relativo alle TIC vi è la seguente domanda (si veda l'[Allegato 2i](#)): “Con che frequenza utilizzi i media digitali durante le seguenti lezioni?”. Gli studenti possono rispondere scegliendo una tra sei opzioni di frequenza che vanno da “Mai o quasi mai” fino a “Ad ogni lezione o quasi”, e per le seguenti lezioni: di italiano, di matematica, di materie scientifiche (fisica, chimica, biologia, scienze della Terra, scienze naturali), di informatica, tecnologie e media o lezioni simili.

**Percezione della qualità delle lezioni in matematica.** Con l'espressione “qualità delle lezioni” si intende in genere un concetto multidimensionale (Fauth et al., 2014) che fa riferimento a diversi indicatori, riguardanti vari comportamenti e pratiche di insegnamento che la ricerca educativa ritiene avere un impatto nel raggiungimento di risultati da parte degli studenti. L'OECD afferma: «le lezioni efficaci si radicano in parte nel repertorio di pratiche con cui gli insegnanti facilitano il pensiero degli studenti e la comprensione dei contenuti e dei concetti disciplinari» (OECD, 2023a, p. 200, traduzione degli autori). È infatti ormai assodato che, a livello di sistemi di apprendimento basati sulla scuola, ciò che gli insegnanti fanno ha una forte influenza diretta sui risultati di apprendimento degli studenti (Hattie, 2008). Nel quadro teorico di riferimento del *Teaching and Learning International Survey* (TALIS)



vengono identificate alcune delle dimensioni<sup>12</sup> che formano la qualità delle lezioni e che hanno un'influenza sul raggiungimento di risultati da parte degli studenti: la gestione della classe, cioè le azioni intraprese dagli insegnanti per assicurare un ordinato ed efficace uso del tempo durante le lezioni (Van Tartwijk & Hammerness, 2011); il supporto dell'insegnante, declinato in azioni quali ad esempio l'ascolto delle domande e delle idee degli studenti, l'incoraggiamento e supporto emotivo, il fornire aiuto extra se necessario (Klieme et al., 2009; Lee, 2021); la chiarezza dell'insegnamento, declinata in sotto dimensioni quali ad esempio la comprensibilità degli obiettivi di insegnamento, la connessione tra vecchi e nuovi argomenti (Hospel & Galand, 2016; Seidel et al., 2005).

Nella sottocategoria A3, il questionario PISA 2022 indaga direttamente alcune delle dimensioni riferite alla qualità delle lezioni in matematica attraverso diversi costrutti: *disciplina in classe in matematica*, che esamina il clima e le problematiche disciplinari che possono ostacolare l'apprendimento della matematica in classe; *attivazione cognitiva in matematica: incoraggiare il pensiero matematico* e *attivazione cognitiva in matematica: favorire il ragionamento*, che si concentrano sull'entità con cui gli insegnanti incoraggiano il pensiero e il ragionamento matematico. Nessuno di questi tre costrutti è risultato significativo per la presente indagine. Tuttavia, nel questionario di contesto di PISA 2022 è presente anche un costrutto generico, rientrante sempre nella sottocategoria A3, riguardante la qualità delle lezioni di matematica *percepita* dallo studente. Tale costrutto è chiamato *percezione della qualità delle lezioni in matematica*, ed è indagato attraverso un unico item ([Allegato 2j](#)): "Che punteggio daresti alla qualità delle lezioni di matematica durante questo anno scolastico?" Allo studente viene richiesto di rispondere assegnando un punteggio da 1 ("Qualità pessima") a 10 ("Qualità ottima").

***Senso di autoefficacia in matematica formale e applicata e senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo.*** Con l'espressione "senso di autoefficacia" si intende generalmente l'insieme delle credenze o delle percezioni che un individuo ha delle proprie capacità (Bandura, 1997). Quando lo si riferisce alla disciplina matematica, dunque, il senso di autoefficacia riguarda le convinzioni di una persona nelle proprie capacità di comprendere e risolvere problemi matematici, di apprendere concetti matematici e di affrontare compiti matematici con successo. L'importanza del senso di autoefficacia come elemento che può influenzare l'apprendimento della matematica è stata messa in evidenza da numerosi studi (Di Martino & Zan, 2011; Panero et al., 2023). Nella sottocategoria A2, il questionario PISA 2022 indaga questo aspetto attraverso due costrutti: il *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata* e il *senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo*. Nel caso del *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata*, la domanda posta nel questionario si compone di nove item (riportati nell'[Allegato 2k](#)) nei quali agli studenti viene chiesto di esprimere quanto si sentono in grado di affrontare compiti in cui la matematica è inserita in contesti astratti o in contesti applicati a situazioni reali. Esempi di compiti riferiti alla matematica formale sono "Risolvere un'equazione come  $2(x + 3) = (x + 3)(x - 3)$ ", o "Risolvere un'equazione del tipo  $6x^2 + 5 = 29$ "; esempi di compiti riferiti alla matematica applicata sono "Capire da un orario del treno quanto tempo ci vuole per andare da un posto all'altro", o "Calcolare il consumo settimanale di corrente elettrica di un dispositivo elettronico". Nel caso del *senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo*, la domanda posta nel questionario PISA 2022 si compone di dieci item ([Allegato 2l](#)) nei quali agli studenti viene chiesto di esprimere quanto si sentono in grado di affrontare compiti riferiti al ragionamento matematico (par. 2.1) o a situazioni matematiche del XXI secolo. Esempi di compiti riferiti al ragionamento matematico sono "Valutare la significatività delle tendenze osservate nei dati", o "Identificare costrizioni e ipotesi alla base di un modello matematico"; esempi di compiti

12. Per un approfondimento si veda il rapporto relativo l'indagine TALIS del 2018 (OECD, 2019) e (OECD, 2023a, p. 201).

riferiti a situazioni matematiche del XXI secolo sono invece “Codificare/programmare un computer” o “Lavorare con sistemi matematici informatici (ad es. fogli di calcolo, software di programmazione, calcolatrici grafiche)”.

#### 4.2 Risultati puntuali dell'analisi di correlazione

La Tabella 2 presenta i dodici costrutti (sui quarantotto analizzati) risultati significativi per la Svizzera, per il Cantone Ticino o per entrambi dal punto di vista statistico (a un livello di significatività almeno del 95%) e pratico (con  $|r| \geq 0,20$ ) riguardo alla correlazione tra le competenze in matematica e i costrutti. In tabella sono colorate in arancione le caselle relative ai valori risultati significativi sia dal punto di vista statistico sia dal punto di vista pratico.

|                                                                                                  | Svizzera (CH) |      | Cantone Ticino (TI) |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|---------------------|------|
|                                                                                                  | $r$           | $p$  | $r$                 | $p$  |
| Ansia per la matematica                                                                          | -0,28         | 0,00 | -0,14               | 0,02 |
| Aspettative formative                                                                            | 0,27          | 0,00 | 0,29                | 0,00 |
| Curiosità                                                                                        | 0,15          | 0,00 | 0,22                | 0,00 |
| Familiarità soggettiva con i concetti matematici                                                 | 0,30          | 0,00 | 0,29                | 0,00 |
| Frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC                                            | -0,14         | 0,00 | -0,25               | 0,00 |
| Frequenza delle attività relative alle TIC in settimana                                          | -0,35         | 0,00 | -0,20               | 0,00 |
| Frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend                                           | -0,33         | 0,00 | -0,07               | 0,25 |
| Frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie                                         | 0,22          | 0,00 | 0,05                | 0,46 |
| Percezione della qualità delle lezioni in matematica                                             | 0,18          | 0,00 | 0,27                | 0,00 |
| Ricerca di informazioni sul proprio futuro                                                       | -0,24         | 0,00 | -0,18               | 0,00 |
| Senso di autoefficacia in matematica formale e applicata                                         | 0,54          | 0,00 | 0,39                | 0,00 |
| Senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo | 0,24          | 0,00 | 0,13                | 0,02 |

**Tabella 2.** Correlazioni tra i costrutti e le competenze in matematica risultate significative da un punto di vista statistico ( $p < 0,05$ ) e pratico ( $|r| \geq 0,20$ ) in Svizzera e/o in Cantone Ticino.<sup>13</sup>

<sup>13</sup>. Da un punto di vista statistico, la *frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie* ( $p = 0,46$ ) e la *frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend* ( $p = 0,25$ ) non correlano significativamente con le prestazioni in matematica nel contesto del Cantone Ticino.

Di questi dodici costrutti, quattro correlano in maniera significativa da un punto di vista pratico con le competenze in matematica sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino; si tratta delle *aspettative formative* (correlazione positiva), della *familiarità soggettiva con i concetti matematici* (correlazione positiva), del *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata* (correlazione positiva) e della *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana* (correlazione negativa).

Dalla Tabella 2 si osserva che tra i quattro costrutti quello che correla maggiormente con le competenze in matematica sia per la Svizzera (CH) sia per il Cantone Ticino (TI) è il *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata* (CH:  $r = 0,54$ ; TI:  $r = 0,39$ ). La correlazione è positiva, ciò significa che allievi che hanno un elevato senso di autoefficacia in matematica formale e applicata si situano anche a livelli alti di competenza (e viceversa). Nella stessa direzione vanno anche le correlazioni tra le competenze in matematica e il costrutto di *familiarità soggettiva con i concetti matematici* (CH:  $r = 0,30$ ; TI:  $r = 0,29$ ), ossia allievi con una maggiore familiarità con i concetti matematici hanno competenze in matematica elevate (e viceversa), e tra le competenze in matematica e il costrutto *aspettative formative* (CH:  $r = 0,27$ ; TI:  $r = 0,29$ ), ossia allievi con aspettative formative elevate, quindi che sperano di ottenere un diploma formativo elevato, cioè di grado terziario, dimostrano di avere anche elevate competenze in matematica (e viceversa). Di segno opposto, ossia che si correla in maniera negativa con le competenze in matematica sia in Svizzera ( $r = -0,35$ ), sia in Cantone Ticino ( $r = -0,20$ ), è la *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana*: più gli allievi utilizzano le TIC in settimana, meno raggiungono competenze elevate (e viceversa).

Solo per la Svizzera e non per il Cantone Ticino, hanno una correlazione positiva superiore a 0,20 con le competenze in matematica i seguenti due costrutti: il *senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo* ( $r = 0,24$ ) e la *frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie* ( $r = 0,22$ ), mentre hanno una correlazione con un valore superiore a 0,20, ma in direzione negativa, l'*uso delle TIC nel weekend* ( $r = -0,33$ ), l'*ansia per la matematica* ( $r = -0,28$ ) e la *ricerca di informazioni sul proprio futuro* ( $r = -0,24$ ).

Infine, solo per il Cantone Ticino e non per la Svizzera, hanno una correlazione superiore a 0,20 positiva con le competenze in matematica il costrutto *percezione della qualità delle lezioni in matematica* ( $r = 0,27$ ) e il costrutto sulla *curiosità* ( $r = 0,22$ ), mentre negativa la *frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC* ( $r = -0,25$ ).

## 5 Risultati delle analisi di regressione con la competenza in matematica

Come anticipato nel paragrafo metodologico (par. 3), nei modelli di regressione per la Svizzera e per il Cantone Ticino vengono considerati tutti i costrutti risultati significativi a livello statistico e pratico in almeno uno dei due contesti territoriali. Si ricorda anche che nei due modelli di regressione lineare multipla sono stati inseriti la condizione socioeconomica, la lingua parlata a casa, il genere e l'aver o meno ripetuto una classe come variabili di controllo.

Nella Tabella 3 sono presentati i risultati dell'analisi di regressione.<sup>14</sup>

14. Nella tabella vengono riportati i quattro costrutti utilizzati come variabili di controllo inserite nel modello di regressione, poi gli altri costrutti in ordine alfabetico.

$\beta$  stand. = beta standardizzato, ossia il coefficiente di regressione che indica la dimensione dell'effetto in termini di deviazioni standard che ha la variabile indipendente sulla variabile dipendente (competenze in matematica). Tramite la standardizzazione dei coefficienti si può avere un'idea dell'importanza relativa delle diverse variabili indipendenti nello spiegare la variabile dipendente nel contesto considerato (Siegel, 2012).

ES = errore standard.

$p$  =  $p$ -value; se inferiore a 0,05 (indicati in arancione), si può considerare il coefficiente beta standardizzato come statisticamente significativo, ossia vi è un effetto statisticamente significativo della variabile indipendente sulle competenze in matematica.

|                                                                                                     | Svizzera (CH)  |      |      | Cantone Ticino (TI) |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|---------------------|------|------|
|                                                                                                     | $\beta$ stand. | ES   | $p$  | $\beta$ stand.      | ES   | $p$  |
| Condizione socioeconomica                                                                           | 0,22           | 0,02 | 0,00 | 0,18                | 0,05 | 0,00 |
| Genere (cat. riferimento = femmine)                                                                 | 0,05           | 0,02 | 0,00 | 0,04                | 0,05 | 0,42 |
| Lingua parlata a casa<br>(cat. riferimento = lingua del test)                                       | -0,07          | 0,02 | 0,00 | -0,04               | 0,04 | 0,34 |
| Ripetizione della classe<br>(cat. riferimento = non essere bocciato)                                | -0,12          | 0,02 | 0,00 | -0,09               | 0,03 | 0,01 |
| Ansia per la matematica                                                                             | -0,07          | 0,02 | 0,00 | -0,02               | 0,05 | 0,67 |
| Aspettative formative                                                                               | 0,09           | 0,02 | 0,00 | 0,09                | 0,05 | 0,05 |
| Curiosità                                                                                           | 0,01           | 0,01 | 0,62 | 0,04                | 0,05 | 0,36 |
| Familiarità soggettiva con i concetti matematici                                                    | 0,07           | 0,02 | 0,00 | 0,10                | 0,06 | 0,09 |
| Frequenza del supporto o feedback<br>per mezzo delle TIC                                            | -0,11          | 0,02 | 0,00 | -0,22               | 0,04 | 0,00 |
| Frequenza delle attività relative alle TIC in settimana                                             | -0,14          | 0,03 | 0,00 | -0,16               | 0,06 | 0,01 |
| Frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend                                              | -0,03          | 0,02 | 0,22 | 0,07                | 0,06 | 0,28 |
| Frequenza dell'uso delle TIC<br>nelle lezioni delle materie                                         | 0,14           | 0,02 | 0,00 | 0,10                | 0,04 | 0,01 |
| Percezione della qualità delle lezioni in matematica                                                | 0,06           | 0,01 | 0,00 | 0,13                | 0,05 | 0,02 |
| Ricerca di informazioni sul proprio futuro                                                          | -0,10          | 0,02 | 0,00 | -0,05               | 0,05 | 0,23 |
| Senso di autoefficacia<br>in matematica formale e applicata                                         | 0,33           | 0,02 | 0,00 | 0,30                | 0,06 | 0,00 |
| Senso di autoefficacia nel ragionamento matematico<br>e nelle situazioni matematiche del XXI secolo | -0,07          | 0,02 | 0,00 | -0,11               | 0,05 | 0,02 |

**Tabella 3.** Regressione lineare multipla con variabile dipendente la competenza in matematica.

Dei sedici costrutti inseriti nel modello, nove hanno un impatto statisticamente significativo sulle competenze in matematica sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino; cinque costrutti hanno un impatto statisticamente significativo in Svizzera, ma non in Cantone Ticino; due costrutti, invece, non risultano avere un impatto significativo e non verranno quindi considerati ulteriormente. Questi ultimi due costrutti sono: *curiosità* e *frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend* che, nonostante avessero mostrato di avere una correlazione significativa da un punto di vista pratico con le competenze in matematica solo in Cantone Ticino (*curiosità*) o solo in Svizzera (*frequenza delle attività relative TIC nel weekend*), una volta considerati anche gli altri costrutti in un unico modello non risultano avere un impatto sulle competenze né per la Svizzera né per il Cantone Ticino. Per quanto riguarda la *frequenza delle attività relative alle TIC nel weekend* va considerato che questo costrutto correla fortemente con la *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana* e dunque l'effetto dell'utilizzo delle TIC nel weekend può essere già considerato dall'utilizzo delle TIC in settimana. Nei prossimi due paragrafi i costrutti risultati statisticamente significativi sono analizzati più nel dettaglio.

## 5.1 I costrutti statisticamente significativi sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino

Fra i nove costrutti risultati statisticamente significativi sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino, cinque hanno una dimensione dell'effetto positiva (all'aumentare dell'indice del costrutto aumentano anche le competenze in matematica in PISA 2022), quattro invece hanno una dimensione dell'effetto negativa (all'aumentare dell'indice del costrutto diminuiscono le competenze in matematica in PISA 2022). L'entità della dimensione dell'effetto (indicata dal valore del coefficiente  $\beta$  standardizzato) può variare nei due contesti svizzero e ticinese considerati.

La seguente tabella (Tabella 4) mostra l'elenco dei costrutti che hanno un impatto con dimensione dell'effetto positiva sulle competenze in matematica in Svizzera e in Cantone Ticino, ordinati da quello con coefficiente beta maggiore a quello con coefficiente beta minore. L'ordinamento dei cinque costrutti non è lo stesso tra Svizzera e Cantone Ticino.

|   | Svizzera                                                                                 |   | Cantone Ticino                                                                           |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <i>Senso di autoefficacia in matematica formale e applicata</i> ( $\beta$ stand. = 0,33) | 1 | <i>Senso di autoefficacia in matematica formale e applicata</i> ( $\beta$ stand. = 0,30) |
| 2 | <i>Condizione socioeconomica</i> ( $\beta$ stand. = 0,22)                                | 2 | <i>Condizione socioeconomica</i> ( $\beta$ stand. = 0,18)                                |
| 3 | <i>Frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie</i> ( $\beta$ stand. = 0,14) | 3 | <i>Percezione della qualità delle lezioni in matematica</i> ( $\beta$ stand. = 0,13)     |
| 4 | <i>Aspettative formative</i> ( $\beta$ stand. = 0,09)                                    | 4 | <i>Frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie</i> ( $\beta$ stand. = 0,10) |
| 5 | <i>Percezione della qualità delle lezioni in matematica</i> ( $\beta$ stand. = 0,06)     | 5 | <i>Aspettative formative</i> ( $\beta$ stand. = 0,09)                                    |

**Tabella 4.** Elenco ordinato dei costrutti con impatto positivo statisticamente significativo sulle competenze in matematica sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino.

Sia in Svizzera sia in Cantone Ticino, il costrutto che ha un impatto maggiore sulle competenze in matematica, con una dimensione dell'effetto che si può interpretare come non trascurabile, è il *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata* ( $\beta$  stand. CH = 0,33;  $\beta$  stand. TI = 0,30). Questo risultato si inquadra come *solid finding* della ricerca educativa, essendo in linea con numerosi studi della letteratura di ricerca (Anjum, 2006; Cuevas & Berou, 2016; Lee & Stankov, 2018), che mostrano come il senso di autoefficacia in matematica sia tra gli aspetti più rilevanti per spiegare le prestazioni in matematica. Si rileva inoltre che l'entità della dimensione dell'effetto di questo costrutto è superiore alla condizione socioeconomica ( $\beta$  stand. CH = 0,22;  $\beta$  stand. TI = 0,18), che rappresenta il secondo costrutto dalla dimensione dell'effetto positivo più rilevante. Si tratta di un risultato molto interessante, dato che mette in evidenza una maggiore rilevanza di un costrutto su cui l'insegnamento-apprendimento della matematica potrebbe intervenire attraverso opportune pratiche didattiche, a differenza di quanto potrebbe accadere per la condizione socioeconomica, la quale è legata al contesto esterno alla scuola e perlopiù relativo al contesto familiare per il quale è più difficile intervenire. Questo risultato risulta in linea con le conclusioni emerse dallo studio di Lee e Stankov (2018).

Relativamente agli altri tre costrutti con un effetto significativo e positivo sulle competenze in matematica, la presenza della *frequenza dell'uso delle TIC nelle lezioni delle materie* ( $\beta$  stand. CH = 0,14;  $\beta$  stand. TI = 0,13) sembra sostenere il fatto che una didattica che integri nella classe l'utilizzo di media digitali possa avere un'efficacia in termini di competenza. Questo risultato è almeno in parte in contraddizione con alcuni risultati di ricerca: ad esempio, le analisi di PISA 2018 presentate in Crotta et al. (2021) rilevano che le prestazioni più elevate in tutti e tre gli ambiti di PISA sono registrate dagli studenti che dichiarano un utilizzo dei dispositivi digitali in classe da parte esclusivamente degli

insegnanti, senza il coinvolgimento degli allievi, mentre ciò non avviene nei casi in cui il docente non fa uso di tali dispositivi o ne fanno uso esclusivamente gli studenti. Va però precisato che questo costrutto è stato definito sulla base di item nei quali si chiedeva la frequenza di utilizzo di media digitali non in modo esclusivo per le lezioni di matematica, ma anche per lezioni in altri ambiti disciplinari. Sembrerebbe dunque che una scuola in cui sia presente un'abitudine generale all'utilizzo delle TIC nelle lezioni abbia risvolti positivi in relazione alle competenze in matematica dimostrate nel test PISA. Il grado di *aspettative formative* mostra che, nel modello qui utilizzato, i quindicenni proiettati verso il conseguimento di un titolo di studio elevato ottengono in media risultati migliori in matematica dei quindicenni che dichiarano di voler ottenere quale titolo più elevato una delle varie possibilità di titoli intermedi offerti dai sistemi scolastici svizzero e del Cantone Ticino. Questo risultato è in linea con quanto evidenziato in Ambrosetti e Crotta (2022) in cui si rileva che le aspettative formative si relazionano positivamente con le prestazioni in lettura, matematica e scienze al test PISA 2018: più le aspettative risultano elevate, maggiore è il punteggio medio in PISA e viceversa. Il risultato potrebbe essere letto ipotizzando che studenti che intendono perseguire percorsi formativi più lunghi siano anche quelli che hanno già ottenuto conferme scolastiche in termini di rendimento, conferme a cui potrebbe corrispondere una elevata competenza in matematica. Si evidenzia tuttavia che la dimensione dell'effetto riscontrata nel modello utilizzato è statisticamente significativa, ma molto lieve ( $\beta$  stand. CH = 0,09;  $\beta$  stand. TI = 0,09).

Infine, anche il costrutto *percezione della qualità delle lezioni in matematica* è significativo per le competenze in matematica con un'entità debole della dimensione dell'effetto ( $\beta$  stand. CH = 0,06;  $\beta$  stand. TI = 0,13). Va però precisato che questo costrutto viene indagato tramite una domanda generica (par. 4.1) che potrebbe essere stata intesa dagli studenti in vari modi. Non si ritiene ragionevole entrare nel dettaglio di quali elementi abbiano un peso maggiore nella percezione della qualità da parte degli studenti che hanno risposto al questionario. In questa sede ci si limita a evidenziare che la qualità delle lezioni percepita dagli allievi, intesa come qualità dell'insieme di pratiche e atteggiamenti attivati dal docente di matematica, abbia una certa influenza, seppur debole, sui risultati in matematica: ciò che l'insegnante fa, o non fa, e come lo fa, ha un effetto sulle competenze degli studenti. Questo risultato è in linea con i risultati di diversi studi che evidenziano come l'effetto dell'insegnante e della classe sulle prestazioni sia più importante rispetto ad altri livelli come quello della scuola o quello del cantone (Petrucci, 2024; Petrucci et al., 2020).

La seguente tabella (Tabella 5) mostra l'elenco dei costrutti che hanno una dimensione dell'effetto negativa sulle competenze in matematica in Svizzera e in Cantone Ticino, riportati in ordine decrescente secondo il coefficiente beta standardizzato in valore assoluto.

|   | Svizzera                                                                                                                   |   | Cantone Ticino                                                                                                             |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <i>Frequenza delle attività relative alle TIC in settimana</i> ( $\beta$ stand. = -0,14)                                   | 1 | <i>Frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC</i> ( $\beta$ stand. = -0,22)                                     |
| 2 | <i>Ripetizione della classe</i> ( $\beta$ stand. = -0,12)                                                                  | 2 | <i>Frequenza delle attività relative alle TIC in settimana</i> ( $\beta$ stand. = -0,16)                                   |
| 3 | <i>Frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC</i> ( $\beta$ stand. = -0,11)                                     | 3 | Senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo ( $\beta$ stand. = -0,11) |
| 4 | Senso di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo ( $\beta$ stand. = -0,07) | 4 | <i>Ripetizione della classe</i> ( $\beta$ stand. = -0,09)                                                                  |

Tabella 5. Elenco ordinato dei costrutti con impatto negativo statisticamente significativo sulle competenze in matematica sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino.



Il costrutto *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana* è, in entrambi i contesti di indagine, significativo e con un'entità della dimensione dell'effetto piuttosto debole, ma maggiore di 0,1 in valore assoluto ( $\beta$  stand. CH = -0,14;  $\beta$  stand. TI = -0,16). In altri termini questo risultato può indicare che gli studenti che utilizzano per un tempo maggiore le TIC per varie attività non legate allo studio ma per svago (giocare a videogiochi, uso di social network, creare contenuti digitali ecc.) hanno mediamente competenze in matematica minori dei compagni che le usano di meno. Questo risultato sembra confermare quanto emerge da varie indagini (ad esempio, Anshari et al., 2017; Lam & Tong, 2012; McCoy, 2016) nelle quali si sottolinea l'effetto negativo di un uso massiccio delle TIC per svago, con conseguenti esiti scolastici tendenzialmente negativi. In particolare, diversi studi evidenziano l'effetto negativo delle cosiddette "distrazioni digitali" durante le lezioni sull'apprendimento degli studenti, in termini, ad esempio, di capacità di prendere appunti, di ricordare informazioni dettagliate (Kuznekoff & Titsworth, 2013) e di comprendere i contenuti della lezione (Sana et al., 2013). La costante connettività degli studenti potrebbe inoltre contribuire al multitasking, che ha effetti negativi ben documentati sull'attenzione e sulla capacità di digerire le informazioni (Pashler, 1994; Posner, 1982).

Anche il costrutto *ripetizione della classe* ha un effetto significativo ( $\beta$  stand. CH = -0,12;  $\beta$  stand. TI = -0,09). Non stupisce che studenti tanto fragili dal punto di vista delle valutazioni da aver ripetuto un anno nel loro percorso scolastico ottengano risultati in matematica più bassi di coloro che non ripetono l'anno. Questi risultati si allineano con quanto emerge dalle numerose ricerche sugli effetti della ripetizione di un anno, la maggior parte delle quali ha riscontrato un impatto negativo sul percorso scolastico degli studenti (Crahay et al., 2019).

La presenza della *frequenza del supporto o feedback per mezzo delle TIC* come costrutto con impatto negativo sulle competenze in matematica ( $\beta$  stand. CH = -0,11;  $\beta$  stand. TI = -0,22) lascia in prima battuta un po' stupiti, in particolare considerando che l'entità della dimensione dell'effetto ticinese è la più importante tra gli effetti negativi e che in valore assoluto in Ticino è seconda solo al *sensu di autoefficacia in matematica formale e applicata*. Si è infatti portati a pensare (e la ricerca concorda: ad esempio, Hattie, 2023) che la pratica del feedback e il fornire supporto possano sostenere l'apprendimento degli studenti, e dunque anche una maggiore competenza degli stessi. Tuttavia, occorre ricordare almeno due questioni: la prima è che il costrutto si riferisce in modo specifico ai media digitali come mezzi attraverso i quali vengono forniti sostegno e feedback; la seconda è che dei quattro item che definiscono il costrutto, solo uno si riferisce al sostegno e ai feedback dati dall'insegnante attraverso i media digitali, mentre gli altri tre si riferiscono al sostegno e ai feedback dati dai propri compagni sempre attraverso i media digitali o direttamente da software didattici o dalle app. Se messo in relazione con le molte ricerche che evidenziano l'importanza dei feedback da parte del docente per l'apprendimento (Hattie, 2023) questo risultato sembra confermare l'importanza del ruolo del docente rispetto all'utilizzo esclusivo di media digitali senza la mediazione di un adulto più esperto.<sup>15</sup> Infine, anche il *sensu di autoefficacia nel ragionamento matematico e nelle situazioni matematiche del XXI secolo* ( $\beta$  stand. CH = -0,07;  $\beta$  stand. TI = -0,11) ha un effetto negativo sulle competenze in matematica. Questo risultato sembra essere in contraddizione con quanto sostenuto precedentemente riguardo al *sensu di autoefficacia*. Tuttavia, si potrebbe leggere il dato alla luce di una considerazione più approfondita relativa al tipo di item somministrati nel questionario per questo costrutto. Gli item di questo costrutto, infatti, descrivono compiti di matematica posti a un livello di profondità e consapevolezza disciplinare molto alta, a cui non è detto che tutti gli studenti quindicenni possano accedere: si parla ad esempio di "valutare la significatività delle tendenze osservate nei dati", oppure di

15. Facendo un'analisi ulteriore di correlazione unicamente dei singoli item del costrutto con le competenze in matematica, risulta che le correlazioni più forti e negative sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino sono quelle relative agli item che concernono i feedback ricevuti da un software o da una app rispetto agli item che concernono i feedback forniti dal docente o degli allievi tramite i media digitali.

“rappresentare matematicamente una situazione utilizzando variabili, simboli e diagrammi”, oppure ancora di un non meglio specificato “calcolare le proprietà di un oggetto di forma irregolare”. Padroneggiare i significati sottesi a queste proposizioni è complesso e potrebbero non essere comprese e gestite con consapevolezza da un quindicenne.

## 5.2 I costrutti statisticamente significativi in Svizzera, ma non in Cantone Ticino

Fra i cinque costrutti statisticamente significativi per la Svizzera, ma non per il Cantone Ticino, due hanno una dimensione dell'effetto positiva (all'aumentare dell'indice del costrutto o al cambiare della categoria di riferimento del costrutto aumentano anche le competenze in matematica in PISA 2022), tre invece hanno un effetto negativo (all'aumentare dell'indice del costrutto o al cambiare della categoria di riferimento del costrutto diminuiscono le competenze in matematica in PISA 2022). In **Tabella 6** sono presentati i costrutti statisticamente significativi per la Svizzera, ma non per il Cantone Ticino, divisi in due colonne, una con la dimensione dell'effetto positiva e l'altra con la dimensione dell'effetto negativa, e riportate in ordine decrescente secondo l'entità del valore assoluto del coefficiente beta standardizzato.

|   | Dimensione dell'effetto positiva                                                       |   | Dimensione dell'effetto negativa                                                               |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <i>Familiarità soggettiva con i concetti matematici</i><br>( $\beta$ stand. CH = 0,07) | 1 | <i>Ricerca di informazioni sul proprio futuro</i><br>( $\beta$ stand. CH = -0,10)              |
| 2 | <i>Genere (cat. riferimento = femmine)</i><br>( $\beta$ stand. CH = 0,05)              | 2 | <i>Ansia per la matematica</i><br>( $\beta$ stand. CH = -0,07)                                 |
|   |                                                                                        | 3 | <i>Lingua parlata a casa (cat. riferimento = lingua del test)</i> ( $\beta$ stand. CH = -0,07) |

**Tabella 6.** Elenco ordinato dei costrutti con impatto positivo (colonna a sinistra) e negativo (colonna a destra) sulle competenze in matematica, statisticamente significativi solo per la Svizzera.

Relativamente ai risultati sopraelencati, l'entità delle dimensioni dell'effetto dei costrutti è molto ridotta. Il fatto che vi siano effetti statisticamente significativi per la Svizzera, ma non per il Ticino, potrebbe anche essere in parte collegato alla dimensione maggiore del campione svizzero rispetto a quello ticinese, che rende più facile trovare risultati statisticamente significativi anche relativi a effetti contenuti. Prima di tutto occorre ricordare che la presenza di costrutti significativi per la Svizzera, ma non per il Cantone Ticino, significa che i costrutti selezionati per quest'analisi di regressione spiegano maggiormente le competenze in matematica in Svizzera rispetto al Cantone Ticino. Occorre inoltre ricordare che è possibile che sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino ci siano altri costrutti che possono spiegare le competenze in matematica, ma che non sono stati integrati nel modello oppure non raggiungevano nell'analisi di correlazione la significatività pratica.

Il costrutto *familiarità soggettiva con i concetti matematici*, lo ricordiamo, riguarda uno degli elementi interni all'*Opportunity To Learn* (OTL). Se la ricerca educativa ha da tempo evidenziato la correlazione generale tra l'OTL e le performance degli studenti nelle valutazioni internazionali (Schmidt & Maier, 2009), nel già citato studio di Lee e Stankov (2018) emerge in modo più esplicito una correlazione positiva tra il grado di familiarità con i concetti matematici e le competenze matematiche misurate nei test PISA. I risultati del nostro studio relativi ai dati svizzeri ( $\beta$  stand. = 0,07) è dunque in linea con i risultati ottenuti a livello internazionale: maggiore è la familiarità soggettiva con i concetti matematici degli alunni svizzeri, maggiore è il livello di competenza matematica.

Il costrutto *ricerca di informazioni sul proprio futuro* ( $\beta$  stand. = -0,10) ha un effetto negativo sulle prestazioni in matematica in Svizzera. Si ricorda che il costrutto sulla ricerca di informazioni ha valori

bassi se l'individuo ha dichiarato di non svolgere o di svolgere poco le azioni di ricerca delle informazioni proposte, mentre ha valori elevati se ha svolto più volte azioni di questo tipo. Si può ipotizzare da un lato che chi ricerca meno informazioni sul proprio futuro abbia una maggiore competenza in matematica, e che questo lo porti, in Svizzera, a scegliere direttamente una formazione nella scuola media superiore. Dall'altro lato, si può pensare che chi ha svolto più volte queste azioni sia anche chi a scuola ha una minore riuscita scolastica in generale, e in particolare in matematica, disciplina che normalmente incide molto alla fine della scuola obbligatoria in Svizzera per le scelte future. Ipotizzando che la strada che viene presa maggiormente in considerazione da coloro che ottengono risultati bassi in matematica sia la formazione professionale, è anche plausibile che la ricerca di informazioni sul proprio futuro coinvolga un maggiore investimento di tempo e attività di ricerca, visto che il panorama dell'offerta professionale è particolarmente vasto.

La *lingua parlata a casa* è un costrutto che viene considerato nelle diverse indagini PISA, compresa l'ultima (Erzinger et al., 2023), dove emerge come in Svizzera non parlare a casa la lingua del test ha un effetto negativo sulle prestazioni in matematica (nel modello di regressione qui presentato è equivalente a  $\beta$  stand. CH = -0,07). L'effetto in Cantone Ticino risulta non significativo ed è simile nella direzione e nella grandezza a quello Svizzero ( $\beta$  stand. TI = -0,04). Il fatto che in Cantone Ticino la lingua non abbia un effetto significativo potrebbe essere ricondotto anche al fatto che nel campione ticinese c'è una minor variabilità della lingua parlata a casa, dal momento che una percentuale più alta di persone a casa parla la lingua del test (85%) rispetto alla media svizzera (71%).

Riguardo al genere, sia in Svizzera sia nella maggior parte dei Paesi coinvolti nell'indagine (OECD, 2023b), le rilevazioni PISA mostrano in modo sistematico che i maschi superano le femmine nelle prestazioni in matematica. In questo senso, non sorprende che il costrutto *genere* risulti significativo per la Svizzera ( $\beta$  stand. = 0,05), ma può invece stupire che lo stesso costrutto risulti non statisticamente significativo per il Cantone Ticino, come era già stato rilevato in Ambrosetti e Salvisberg (2023). Questo dato potrebbe essere indicativo di un contesto ticinese in cui le differenze di genere nelle competenze matematiche vengono attenuate.

Anche nel caso dell'*ansia per la matematica*, per cui la dimensione dell'effetto negativa indica che maggiore è l'ansia per la matematica negli studenti, minore sono le competenze in matematica, il risultato svizzero ( $\beta$  stand. = -0,07) non stupisce. Numerosi studi hanno infatti messo in evidenza il collegamento tra ansia e prestazioni in matematica (Bollmann et al., 2023; Hembree, 1990; Lee & Stankov, 2018; Ma, 1999; OECD, 2023b; Reali et al., 2016). Stupisce, invece, e allo stesso tempo rincuora, che questo costrutto non abbia un effetto significativo sulle competenze in matematica in Cantone Ticino. Anche in questo caso non è possibile stabilire con certezza le cause di questo dato, ma è possibile ipotizzare per entrambi i costrutti (*genere* e *ansia per la matematica*) che tutte le azioni didattiche (formazioni, eventi, incontri ecc.) intraprese negli ultimi decenni per incentivare la passione della matematica indipendentemente dal genere, nonché l'attenzione ad aspetti affettivi (in particolare quelli legati all'ansia per la matematica), possano aver aiutato, in un territorio piccolo come il Cantone Ticino, ad attenuare gli effetti di questi costrutti sulle competenze in matematica.

## 6 Conclusioni

---

In questo contributo si è cercato di indagare quali costrutti, rilevati tramite i questionari di contesto dell'indagine PISA 2022, hanno un effetto sulle competenze in matematica nei quindicenni della Svizzera e del Cantone Ticino. Per individuare tali costrutti sono stati svolti due tipi di analisi: inizialmente le analisi di correlazione e in seguito le analisi di regressione. Dalle analisi di correlazione si è deciso di considerare i dodici costrutti risultati statisticamente significativi e che hanno avuto un coefficiente di

correlazione  $|r| \geq 0,2$  per la Svizzera o per il Cantone Ticino. Dall'analisi di correlazione si è poi passati a quella di regressione, nel cui modello sono stati inseriti, oltre ai dodici costrutti derivanti dall'analisi di correlazione, quattro costrutti, come variabili di controllo, che la ricerca ha mostrato avere un impatto sulle competenze in matematica. Si è giunti così a un totale di sedici costrutti, di cui nove hanno un impatto statisticamente significativo sulle competenze in matematica sia per la Svizzera sia per il Cantone Ticino (cinque hanno una dimensione dell'effetto positiva e quattro una dimensione dell'effetto negativa); cinque costrutti hanno un impatto statisticamente significativo solo in Svizzera (due hanno una dimensione dell'effetto positiva e tre una dimensione dell'effetto negativo) e non in Cantone Ticino; e due non hanno un impatto statisticamente significativo. Di seguito ci limitiamo a riportare considerazioni conclusive riguardanti alcuni costrutti, già approfonditi nel par. 5.

Innanzitutto, i risultati delle regressioni mostrano che i costrutti con un maggior impatto positivo sulle competenze sia in Svizzera sia in Cantone Ticino sono il *senso di autoefficacia in matematica formale e applicata* e la *condizione socioeconomica*. Il fatto che sia in Svizzera sia in Cantone Ticino il costrutto legato all'autoefficacia abbia un effetto maggiore di quello legato alla condizione socioeconomica è in linea con ciò che è emerso dalle analisi effettuate su scala internazionale da Lee e Stankov (2018), dove si evidenzia che il costrutto denominato *convinzioni personali*, come ad esempio il senso di autoefficacia, ha un effetto maggiore rispetto ai costrutti sociodemografici. D'altro canto, occorre comunque riconoscere che nonostante i diversi costrutti inseriti nell'analisi di regressione, la condizione socioeconomica continua ad avere un certo effetto sulle competenze in matematica.

Questi risultati sono interessanti dal punto di vista didattico, perché possono fornire ai docenti informazioni sulle quali indirizzare il processo di insegnamento/apprendimento. Essere infatti consapevoli dell'incidenza del senso di autoefficacia sullo sviluppo delle competenze in matematica potrebbe indirizzare la didattica favorendo la messa in campo di efficaci pratiche, come ad esempio: percorsi con obiettivi chiari, graduati in termini di difficoltà e raggiungibili, così da sostenere negli alunni la convinzione di "potercela fare"; percorsi di avvicinamento tra i criteri valutativi dei docenti e le aspettative e convinzioni degli studenti su questo tema; pratiche metacognitive per consentire di individuare i propri punti di forza e quelli ancora migliorabili; percorsi che valorizzino l'errore come elemento di riflessione e non come stigma di incapacità, e tanto altro ancora. In quest'ottica sarebbe importante progettare e organizzare specifiche formazioni rivolte ai docenti dei diversi livelli scolastici, mirate allo sviluppo di pratiche in linea con tali esigenze, che abbiano anche lo scopo di contribuire a colmare il divario tra i giovani con condizione socioeconomica svantaggiata e quelli con una condizione socioeconomica avvantaggiata (Erzinger et al., 2023; OECD, 2024b).

Tra i costrutti statisticamente significativi con dimensione dell'effetto negativa sia in Svizzera sia in Cantone Ticino, segnaliamo l'effetto, seppur debole, della *frequenza delle attività relative alle TIC in settimana*. Tale risultato è in linea con diverse ricerche (ad esempio Anshari et al., 2017) nelle quali si sottolinea l'effetto negativo di un uso massiccio delle TIC per svago, con conseguenti esiti scolastici tendenzialmente negativi. Un altro costrutto con un impatto negativo importante sulle prestazioni in matematica sia in Svizzera sia in Cantone Ticino è la *frequenza del supporto o del feedback per mezzo delle TIC*, con una dimensione dell'effetto più marcata in Cantone Ticino. In questo caso stupisce l'impatto negativo sulle competenze in matematica, soprattutto perché la letteratura di ricerca individua nel feedback una pratica con una buona dose di efficacia in termini di apprendimento e di prestazioni (Hattie, 2023), anche se va considerato che qui si parla di feedback effettuati per mezzo delle TIC. Il dato necessita di ulteriori ricerche; ci si limita qui a osservare che, in un mondo scolastico (e non solo) in cui le tecnologie digitali giocano un ruolo sempre più importante, occorre riflettere sulle modalità di utilizzo di questi strumenti nella didattica, perché contrariamente a quello che ci si potrebbe aspettare in modo intuitivo, non per forza l'uso delle TIC in ambito didattico contribuisce ad aumentare le competenze disciplinari dei nostri studenti.

Altre considerazioni conclusive riguardano la presenza di costrutti significativi in Svizzera, ma non in Cantone Ticino, ad esempio l'ansia per la matematica e il genere. In Svizzera gli effetti di tali costrutti

sono comunque particolarmente contenuti rispetto a quelli degli altri costrutti risultati significativi. Tenendo conto di questo aspetto, è comunque interessante rilevare l'assenza di significatività del genere e dell'ansia sulle competenze in matematica in Cantone Ticino; si potrebbe ipotizzare che questo risultato sia in relazione con le molteplici misure e azioni implementate sul territorio ticinese, ma queste ipotesi andrebbero maggiormente indagate. Per quanto riguarda gli aspetti emotivi quali l'ansia, ad esempio, si ricorda che da diversi anni in Cantone Ticino infatti si lavora sugli atteggiamenti degli studenti nei confronti della matematica a diversi livelli, puntando in particolare sulla dimensione emozionale tramite eventi divulgativi come "Matematicando festival: a spasso con la matematica per le strade di Locarno"<sup>16</sup> o specifiche sperimentazioni, comunicazioni<sup>17</sup> o ricerche sul tema (Antognazza et al., 2016; Antognazza & Sbaragli, 2020; Panero et al., 2020, 2023) rivolte a vari interlocutori (studenti e docenti dei vari livelli scolastici sia in formazione, sia in servizio, genitori e più in generale le famiglie). Questo lavoro sistematico e prolungato nel tempo potrebbe aver contribuito a formare negli studenti, nei docenti e più in generale nella società, la sensibilità e le competenze necessarie per gestire le dinamiche emotive coinvolte nell'apprendimento e nelle prestazioni in matematica, ad esempio anche attenuando l'effetto dell'ansia per la matematica sulle competenze in matematica. Il confronto tra Svizzera e Cantone Ticino ha permesso di sottolineare da una parte le similitudini (ad esempio la presenza degli effetti del *senso di autoefficacia in matematica* e la *condizione socioeconomica* sulle competenze in matematica) tra i due contesti territoriali analizzati e dall'altra parte le specificità del Cantone Ticino (ad esempio l'assenza di un effetto del *genere* e dell'*ansia per la matematica* sulle competenze in matematica). I risultati emersi offrono indicazioni utili per orientare le pratiche didattiche e la formazione degli insegnanti. Ulteriori piste di sviluppo potrebbero arricchire maggiormente le riflessioni emerse in questo contributo.

Si potrebbero ad esempio identificare possibili costrutti che spieghino le competenze in matematica svolgendo altre analisi con altri modelli di regressione o modelli di equazioni strutturali, per poter comprendere in dettaglio eventuali relazioni di mediazione o moderazione tra i diversi costrutti, ad esempio tra condizione socioeconomica e senso di autoefficacia; oppure, si potrebbero analizzare alcuni dei costrutti relativi alla sottocategoria B descritta nel par. 2.2 (*costrutti generali*, non riferiti in modo specifico alla disciplina matematica) con gli altri ambiti e capire se vi sono delle analogie o delle specificità nei diversi ambiti.

Da parte di chi scrive, ci sembra di poter affermare che il lavoro su questo tipo di dati sia potenzialmente molto ricco e fruttuoso, e che potrebbe da un lato continuare a sostenere la ricerca di potenziali fonti di ostacoli, dall'altro indirizzare la ricerca verso i temi e le strategie didattiche che maggiormente incidono sull'apprendimento degli studenti.

---

## Bibliografia

Abedi, J. (2006). *English language learners and math achievement: A study of opportunity to learn and language accommodation*. University of California.

Albinson, P., Cetinkaya, D., & Orman, T. (2020). Using technology to enhance assessment and feedback: A framework for evaluating tools and applications. In M. Della Ventura (Ed.), *Proceedings of the 2020 9th International Conference on Educational and Information Technology* (pp. 241–246). Association for Computing Machinery. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3383923.3383940>

---

16. <https://www.matematicando.supsi.ch/iniziativa/matematicando-festival/>.

17. <https://www.matematicando.supsi.ch/eventi/quando-il-problema-non-e-il-problema/>.

- Ambrosetti, A., & Crotta, F. (2022). Dati PISA 2018: Una panoramica sulle aspettative educative e professionali dei quindicenni ticinesi. *Dati – Statistiche e società*, 1, 5–17.
- Ambrosetti, A., & Salvisberg, M. (2023). *PISA Ticino 2022*. Centro competenze innovazione e ricerca sui sistemi educativi, Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica, SUPSI. [https://m3.ti.ch/COMUNICAZIONI/232609/Rapporto%20PISA2022\\_Ticino.pdf](https://m3.ti.ch/COMUNICAZIONI/232609/Rapporto%20PISA2022_Ticino.pdf)
- Anjum, R. (2006). The impact of self-efficacy on mathematics achievement of primary school children. *Pakistan Journal of Psychological Research*, 21(3/4), 61–78.
- Anshari, M., Almunawar, M. N., Shahrill, M., Wicaksono, D. K., & Huda, M. (2017). Smartphones usage in the classrooms: Learning aid or interference? *Education and Information Technologies*, 22, 3063–3079. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9572-7>
- Antognazza, D., Di Martino, P., Pellandini, A., & Sbaragli, S. (2016). The flow of emotions in primary school problem solving. In K. Krainer & N. Vondrová (Eds.), *Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1167–1174). Charles University in Prague, Faculty of Education and ERME. <https://hal.archives-ouvertes.fr/CERME9-TWVG08/hal-01287330v1>
- Antognazza, D., & Sbaragli, S. (2020). L'influenza dell'atteggiamento del docente sul coinvolgimento degli allievi. Il caso della matematica. *DIS. Giornale Italiano di Ricerca Clinica e Applicativa*, 1(1), 187–198.
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.
- Barlow, D. H. (2002). *Anxiety and its disorders: The nature and treatment of anxiety and panic* (2nd ed.). Guilford Press.
- Bollmann, S., Prosperi, O., Kolovou, D., & Salvisberg, M. (2023). Emozioni e atteggiamenti verso la matematica. In A. E. Erzinger, G. Pham, O. Prosperi & M. Salvisberg (Eds.), *PISA 2022. Svizzera in evidenza* (pp. 35–43). Università di Berna.
- Buchmann, C., & Dalton, B. (2002). Interpersonal influences and educational aspirations in 12 countries: The importance of institutional context. *Sociology of Education*, 75(2), 99–122. <https://doi.org/10.2307/3090287>
- Carroll, J. (1963). *A model of school learning*. Teachers College Record.
- Chiorri, C. (2011). *Teoria e tecnica psicometrica: Costruire un test psicologico*. McGraw-Hill.
- Chiorri, C. (2020). *Fondamenti di psicometria*. McGraw-Hill.
- Consorzio PISA.ch (2019). *PISA 2018: Gli allievi della Svizzera nel confronto internazionale*. SEFRI/CDPE, Consorzio PISA.ch.
- Corbetta, P. (2007). *La ricerca sociale: Metodologia e tecniche*. Il Mulino.
- Crahay, M., Mottier Lopez, L., & Marcoux, G. (2019). L'évaluation des élèves : Docteur Jekyll and Mister Hyde de l'enseignement. In M. Crahay (Ed.), *Peut-on lutter contre l'échec scolaire ?* (pp. 358-425). De Boeck.



- Crotta, F., & Salvisberg, M. (2024). *PISA Ticino 2022. L'erba del vicino è sempre più verde? Confronti del Ticino con le regioni svizzere e le aree italiane*. Centro competenze innovazione e ricerca sui sistemi educativi, Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica, SUPSI. [https://m4.ti.ch/fileadmin/DECS/DS/documenti/pubblicazioni/ricerca\\_educativa/2025\\_PISA\\_Ticino\\_2022.pdf](https://m4.ti.ch/fileadmin/DECS/DS/documenti/pubblicazioni/ricerca_educativa/2025_PISA_Ticino_2022.pdf)
- Crotta, F., Salvisberg, M., & Mazzoni, P. (2021). *PISA 2018 in Ticino. Utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione a scuola*. Centro competenze innovazione e ricerca sui sistemi educativi, Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica, SUPSI. [https://m4.ti.ch/fileadmin/DECS/DS/documenti/pubblicazioni/ricerca\\_educativa/2021\\_PISA\\_2018\\_in\\_Ticino\\_Utilizzo\\_delle\\_tecnologie\\_dellinformazione\\_e\\_della\\_comunicazione.pdf](https://m4.ti.ch/fileadmin/DECS/DS/documenti/pubblicazioni/ricerca_educativa/2021_PISA_2018_in_Ticino_Utilizzo_delle_tecnologie_dellinformazione_e_della_comunicazione.pdf)
- Cuevas, M. M., & Berou, M. (2016). Students' mathematics self-efficacy and anxiety as correlates to academic performance. *University of Bohol Multidisciplinary Research Journal*, 4, 1–18.
- Di Martino, P., & Zan, R. (2011). Attitude towards mathematics: A bridge between beliefs and emotions. *ZDM – Mathematics Education*, 43, 471–482. <https://doi.org/10.1007/s11858-011-0309-6>
- Erzinger, A. B., Pham, G., Prosperi, O., & Salvisberg, M. (2023). *PISA 2022. Svizzera in evidenza*. Università di Berna. <https://doi.org/10.48350/187070>
- Erzinger, A. B., Pham, G., Prosperi, O., Salvisberg, M., Verner, M., Delavy, F., Seiler, S., & Bollmann, S. S. (2024). *PISA 2022 in Switzerland: Ticino Sample (Version 1.0.0)* [Data set]. FORS data service. <https://doi.org/10.48573/8p38-rh44>
- Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. *Learning and instruction*, 29, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.001>
- Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Sage publications limited.
- Franchini, E., Lemmo, A., & Sbaragli, S. (2017). Il ruolo della comprensione del testo nel processo di matematizzazione e modellizzazione. *Didattica della matematica. Dalla ricerca alle pratiche d'aula*, 1, 38–63. <https://doi.org/10.33683/ddm.17.1.3>
- Hernandez-Torrano, D., & Courtney, M. G. R. (2021). Modern international large-scale assessment in education: An integrative review and mapping of the literature. *Large-scale Assessments in Education*, 9(17). <https://doi.org/10.1186/s40536-021-00109-1>
- Hattie, J. A. C. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hattie, J. A. C. (2023). *Visible learning: the sequel. A synthesis of over 2,100 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hattie, J. A. C., & Clarke, S. (2019). *Visible Learning: Feedback*. Routledge.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33–46. <https://doi.org/10.2307/749455>

- Hooft Graafland, J. (2018). New technologies and 21 century children: Recent trends and outcomes. *OECD EDUCATION Working Papers*, 179. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e071a505-en>
- Hospel, V., & Galand, B. (2016). Are both classroom autonomy support and structure equally important for students' engagement? A multilevel analysis. *Learning and Instruction*, 41, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.09.001>
- Kazelskis, R., Reeves, C., Kersh, M. E., Bailey, G., Cole, K., Larmon, M., & Holliday, D. C. (2000). Mathematics anxiety and test anxiety: Separate constructs? *The Journal of experimental education*, 68(2), 137–146.
- Kirsch, I., & Braun, H. (2020). Changing times, changing needs: enhancing the utility of international large-scale assessments. *Large-scale Assessments in Education*, 8, 10. <https://doi.org/10.1186/s40536-020-00088-9>
- Klauer, K., & Phye, G. (2008). Inductive reasoning: A training approach. *Review of Educational Research*, 78(1), 85–123. <https://doi.org/10.3102/0034654307313402>
- Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janík & T. Seidel (Eds.), *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom* (pp. 137–160). Waxmann. <https://doi.org/10.5167/uzh-29452>
- Kuznekoff, J. H., & Titsworth, S. (2013). The impact of mobile phone usage on student learning. *Communication Education*, 62(3), 233–252. <https://doi.org/10.1080/03634523.2013.767917>
- Lam, P., & Tong, A. (2012). Digital devices in classroom: Hesitations of teachers-to-be. *The Electronic Journal of e-Learning*, 10(4), 387–395.
- Lee, J. (2021). Teacher–student relationships and academic achievement in Confucian educational countries/ systems from PISA 2012 perspectives. *Educational Psychology*, 41(6), 764–785. <https://doi.org/10.1080/01443410.2021.1919864>
- Lee, J., & Stankov, L. (2018). Non-cognitive predictors of academic achievement: Evidence from TIMSS and PISA. *Learning and Individual Differences*, 65, 50–64. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.lindif.2018.05.009>
- Lipnevich, A. A., & Panadero, E. (2021). A review of feedback models and theories: Descriptions, definitions, and conclusions. *Frontiers in Education*, 6, 720195. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.720195>
- Ma, X. (1999). A meta-analysis of the relationship between anxiety toward mathematics and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(5), 520–540. <https://doi.org/10.2307/749772>
- Marcionetti, J., Stevanovic, T., Benini, S., & Pettignano, M. (2023). *I corsi attitudinali e base alla Scuola media*. Centro competenze innovazione e ricerca sui sistemi educativi, Dipartimento formazione e apprendimento / Alta scuola pedagogica, SUPSI. [https://m4.ti.ch/fileadmin/DECS/DS/documenti/pubblicazioni/ricerca\\_educativa/2023\\_I\\_corsi\\_A\\_e\\_B.pdf](https://m4.ti.ch/fileadmin/DECS/DS/documenti/pubblicazioni/ricerca_educativa/2023_I_corsi_A_e_B.pdf)
- McCoy, B. R. (2016). Digital distractions in the classroom phase ii: student classroom use of digital devices for non-class related purposes. *Journal of Media Education*, 7(1), 5–32. <http://digitalcommons.unl.edu/journalismfacpub/90>

- Nota, L., Ferrari, L., Solberg, V. S. H., & Soresi, S. (2007). Career search self-efficacy, family support, and career indecision with Italian adolescents. *Journal of Career Assessment*, 15(2), 181–193. <https://doi.org/10.1177/1069072706298019>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2004). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264101739-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *PISA 2015 Results (Volume III): Students' Well-Being*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264273856-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *TALIS 2018 Results (Volume I): Teachers and School Leaders as Lifelong Learners*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1d0bc92a-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023a). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023b). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024a). *Social and Emotional Skills for Better Lives: Findings from the OECD Survey on Social and Emotional Skills 2023*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/35ca7b7c-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024b). *PISA 2022 Technical Report*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/01820d6d-en>
- Panero, M., Di Martino, P., Castelli, L., & Sbaragli, S. (2020). L'evoluzione degli atteggiamenti verso la matematica e il suo insegnamento degli insegnanti di scuola elementare in formazione iniziale. *Didattica della matematica. Dalla ricerca alle pratiche d'aula*, 8, 48–77. <https://doi.org/10.33683/ddm.20.8.3>
- Panero, M., Castelli, L., Di Martino, P., & Sbaragli, S. (2023). Preservice primary school teachers' attitudes towards mathematics: A longitudinal study. *ZDM – Mathematics Education*, 55(2), 447–460. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01455-2>
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220–244. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.116.2.220>
- Petrucci, F. (2024). *Séparer pour adapter l'enseignement : quand la solution devient le problème. L'effet de l'enseignement sur les acquis scolaires dans les filières du cycle d'orientation genevois*. Service de la recherche en éducation (SRED). <https://www.ge.ch/document/36887/telecharger>
- Petrucci, F., Ambrosetti, A., Crotta, F., & Nidegger, C. (2020). Impact des établissements sur les performances des élèves. Une étude basée sur les résultats de l'enquête COFO 2016. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 42(2), 305–322. <https://doi.org/10.25656/01:21411>

- Pletzer, B., Kronbichler, M., Nuerk, H. C., & Kerschbaum, H. H. (2015). Mathematics anxiety reduces default mode network deactivation in response to numerical tasks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 202. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00202>
- Posner, M. I. (1982). Cumulative development of attentional theory. *American Psychologist*, 37(2), 168–179. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.37.2.168>
- Realí, F., Jiménez-Leal, W., Maldonado-Carreño, C., Devine, A., & Szűcs, D. (2016). Examining the link between math anxiety and math performance in Colombian students. *Revista Colombiana de Psicología*, 25(2), 369–379. <https://doi.org/10.15446/rcp.v25n2.54532>
- Robitzsch, A., & Oberwimmer, K. (2022). *BIFIEsurvey: Tools for Survey Statistics in Educational Assessment* (3.1-15) [Software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/BIFIEsurvey/BIFIEsurvey.pdf>
- Sana, F., Weston, T., & Cepeda, N. J. (2013). Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers. *Computers & Education*, 62, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.003>
- Sarkar, A., Dowker, A., & Kadosh, R. C. (2014). Cognitive enhancement or cognitive cost: Trait-specific outcomes of brain stimulation in the case of mathematics anxiety. *Journal of Neuroscience*, 34(50), 16605–16610. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3129-14.2014>
- Scherer, R., Siddiq, F., & Nilsen, T. (2024). The potential of international large-scale assessments for meta-analyses in education. *Large-scale Assessments in Education*, 12, 4. <https://doi.org/10.1186/s40536-024-00191-1>
- Schmidt, W., & Maier, A. (2009). Opportunity to learn? In G. Sykes, B. Schneider & D. N. Plank (Eds.), *Handbook of Education Policy Research* (pp. 541–559). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203880968-55>
- Seidel, T., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2005). Clarity and coherence of lesson goals as a scaffold for student learning. *Learning and Instruction*, 15(6), 539–556. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.learninstruc.2005.08.004>
- Siegel, A. F. (2012). Chapter 12 – Multiple Regression: Predicting One Variable from Several Others. In A. F. Siegel (Ed.), *Practical Business Statistics* (6th ed., pp. 347–416). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385208-3.00012-2>
- Smith, P., Mahdavi, J., Carvalho, M., Fisher, S., Russell, S., & Tippett, N. (2008). Cyberbullying: Its nature and impact in secondary school pupils. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(4), 376–385. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01846.x>
- van Deursen, A. J. A. M., & Helsper, E. J. (2015). The third-level digital divide: Who benefits most from being online? *Communication and Information Technologies Annual (Studies in Media and Communications)*, 10, 29–52. <https://doi.org/10.1108/S2050-206020150000010002>
- van Tartwijk, J., & Hammerness, K. (2011). The neglected role of classroom management in teacher education. *Teaching Education*, 22(2), 109–112. <https://doi.org/10.1080/10476210.2011.567836>
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge University Press.
- Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Frontiers in Psychology*, 10, 3087. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>